



Hedepleje med fåregræsning kombineret med afbrænding på heder

Buttenschøn, Rita M.; Gottlieb, Lasse

Publication date:
2018

Document version
Også kaldet Forlagets PDF

Citation for published version (APA):
Buttenschøn, R. M., & Gottlieb, L. (2018). *Hedepleje med fåregræsning kombineret med afbrænding på heder*.
IGN Rapport <http://ign.ku.dk/formidling/publikationer/rapporter/>



Hedepleje med fåregræsning kombineret med afbrænding på heder

Rita Merete Buttenschøn og Lasse Gottlieb

Titel

Hedepleje med fåregræsning kombineret med afbrænding på heder

Forfattere

Rita Merete Buttenschøn og Lasse Gottlieb

Bedes citeret

Buttenschøn, R.M. og Gottlieb, L. (2018): Hedepleje med fåregræsning kombineret med afbrænding på heder. IGN Rapport, januar 2018, Institut for Geovidenskab og Naturforvaltning, Frederiksberg. 51 s. ill.

Rapporten er udarbejdet for Aage V. Jensens Naturfond

Jordbundsanalyser

Udført af specialestuderende Jesus Munoz og af IGN's Jordbunds-laboratorium

Udgiver

Institut for Geovidenskab og Naturforvaltning
Københavns Universitet
Rolighedsvej 23
1958 Frederiksberg C
ign@ign.ku.dk
www.ign.ku.dk

Ansvarshavende redaktør

Claus Beier

ISBN

978-87-7903-785-4 (internet)

Omslag

Jette Alsing Larsen

Forsideillustration

Rita Merete Buttenschøn

Publicering

Rapporten er publiceret på www.ign.ku.dk

Gengivelse er tilladt med tydelig kildeangivelse

Skriftlig tilladelse kræves, hvis man vil bruge instituttets navn og/eller dele af denne rapport i sammenhæng med salg og reklame

Indholdsfortegnelse

RESUMÉ	4
BAGGRUND.....	4
JORDBUND.....	4
UDFORDRING FOR NATURPLEJEN.....	8
FORSØGSOMRÅDERNE.....	13
METODER.....	17
RESULTATER.....	19
JORDBUND.....	19
N OG P I SKUDSPIDSER.....	25
VEGETATION.....	26
DISKUSSION.....	38
KONKLUSION.....	45
KILDER.....	48

Resumé

Fåregræsning med hyrdede får i kombination med afbrænding vurderes at være meget velegnet – måske den bedste - plejemetode på tør hede. Vurderingen er foretaget på baggrund af en feltundersøgelse på heder ved Trehøje Bakker og Præstbjerg, Herning Kommune, suppleret med en gennemgang af litteratur.

Vegetation og jordbund blev undersøgt på hedeparceller under forskellige behandlinger med fåregræsning og afbrænding i 2010 og 2013, fåregræsning og slåning i 2010 og 2013, kvæggræsning og slåning i 2013, ugræsset kontrol slået hhv. i 2008 og i 2010 ved Trehøje samt fåregræsning og afbrænding i hhv. 2012, 2014 og 2015 ved Præstbjerg. Feltundersøgelsen er foretaget sommeren 2015.

De målte pH værdierne er lave specielt for heden ved Trehøje med den laveste pH værdi på omkring 3 i kontrol område slået 2008. Der er ligeledes et lavt C:N forhold, der sammen med den lave pH værdi, indikerer, at heden som udgangspunkt er i en ugunstig tilstand. Nogle af resultaterne varierer i højere grad med tidspunktet for behandlingen end med behandlingsmåden. Der er således ikke entydige, signifikante forskelle på effekten af de forskellige behandlinger, men tendenser der tyder på, at styret fåregræsning i kombination med afbrænding kan fjerne overskud af kvælstof uden der samtidig sker en forsurelse eller en ubalance i forholdet mellem kvælstof, fosfor og kationer. Ved afbrændingen fjernes der mere kvælstof end fosfor med et lavere N:P forhold til følge, men det kan ikke forventes, at der fjernes tilstrækkeligt kvælstof til at kompensere for kvælstofdepositionen. Ved den styrede fåregræsningen, hvor fårene flyttes væk fra heden om natten, fjernes der flere næringsstoffer, og fårene bidrager til at opretholde balancen mellem kvælstof og fosfor ved at æde en stor del blåtop, der har et højere N:P forhold.

Det konkluderes, at en kombination af målrettet græsning og rotationsafbrænding er en velegnet metode til at kompensere for kvælstofdepositionen og vedligeholde en næringsfattig, sur hedejord i en stabil næringsstofbalance. Den kombinerede pleje skaber grundlag for en robust vækst af hedelyng og andre arter tilpasset det sure, næringsfattige miljø. Rotationsafbrænding forynger hedelyngen og resulterer i en mosaik af forskellige successionsstadier. Græsning forlænger lyngens successionsforløb, øger den struktur- og artsmæssige diversitet og hæmmer tilgroningen med træer og buske.

Baggrund

Hederne udgør en stor og vigtig del af de lysåbne naturområder i Danmark med et samlet areal på ca. 84.600 ha svarende til 2 % af det danske landareal. Indlandsheder findes på næringsfattige jorder, hvor århundrederes udnyttelse gennem græsning, tørveskrælning, lyngslæt og afbrænding har skabt og vedligeholdt en naturtype domineret af hedelyng (*Calluna vulgaris*) og andre dværgbuske. Selvom der har været fokus på bevaring af hederne i mange år, er mange af hederne i en dårlig tilstand især som følge af tilførsel af næringsstoffer og utilstrækkelig naturpleje (Nielsen m.fl. 2015).

I opgørelse af behov for naturpleje angiver Nygaard m.fl. (2012), at der er behov for græsning på 68 % af de i alt ca. 85.000 ha § 3 heder, der er registreret i Danmark. Græsning anbefales som plejemetode på de heder, der er i god naturtilstand, mens der anbefales græsning i kombination med slåning på heder med mindre god naturtilstand og slåning eller andre metoder på heder i dårlig tilstand (Nygaard et al 2012). Græsning har været den mest anvendte metode, men afbrænding og maskinel høst af biomasse anvendes i stigende grad. En reduktion i udbredelsen af bl.a. klokkel yng (*Erica tetralix*), der muligvis hænger sammen med en øget forsuring af hederne som følge af intensiv naturpleje (Nielsen og Bak 2003, Bak m.fl. 2016), rejser spørgsmål om hvilke metoder, der er de bedst egnede til at sikre stabile økosystemer som levesteder for det plante- og dyreliv, der er knyttet til hederne. En stor del af plejen gennemføres i dag som praktiske forsøg, desværre ofte uden kontinuitet i tid og en systematisk dokumentation af effekten.

Jordbund

Hedelyng og andre af hedens planter er generelt tilpasset en sur og næringsfattig jordbund. Hedelyng er selv med til at danne og opretholde et surt og næringsfattigt miljø gennem de processer, der sker i jordbunden. Lyngplanterne udskiller store mængder polyfenoler fra deres blade. Under nedbrydning af polyfenoler binder mikroorganismene en del kvælstof til svært nedbrydelige forbindelser, der er utilgængelige for de fleste plantearter (Kristensen & McCarty, 1999). Dermed nedsættes de plantetilgængelige næringsstoffer i jorden. Hedejord betegnes som næringsfattig på trods af, der ofte er store mængder kvælstof bundet i morlaget. Hedelyng og andre arter af lyngfamilien er selv i stand til at udnytte disse kvælstofforbindelser gennem deres symbiose med bestemte mykorrhizasvampe.



Jordbundsprofil

Under nedbrydning af døde lyngplanter dannes der store mængder humussyre, der betyder, at jordbunden bliver sur. Da humussyren øger opløseligheden og udvaskningen af de positive ioner i jorden, vil der på heder med rigeligt nedbør, efterhånden udvikle sig en lagdeling.

Det organiske stof er koncentreret i et op til flere centimeter tykt morlag på jordoverfladen (O-horisonen), der består af døde plantedele akkumuleret over mange år. Det indeholder ingen eller få mineralpartikler. Under morlaget findes et udvaskningslag, E-horisonen.

Under E-horisonen neutraliseres syren, og jern- og aluminiumforbindelser udfældes i et mørkt hårdt allag.

Heder med en tæt bevoksning af hedelyng i god plejetilstand kan tåle relativt høje koncentrationer af kvælstof i en periode. Hvis lyngen svækkes og udkonkurreres af græsser stopper produktionen af polyfenoler. Dermed opstår et overskud af ammonium i jorden. Mikroorganismer i jorden kan omdanne ammonium til nitrat (NO_3^-), men ved denne omdannelse frigives brintioner (H^+) der yderligere forsure jorden. Jordbunden bevarer dog ofte en rimelig stabil pH på trods af udledningen af store mængder brintioner. Det sker fordi jorden har sit eget buffersystem, hvor brintionerne dels bindes til aluminium og jern ved lave pH-værdier, samt at brintionerne binder sig stærkere til det negativt ladede organiske stof end en række andre positivt ladede ioner (basekationer), f.eks. Na^+ , K^+ , Mg^{2+} og Ca^{2+} (Chapin m.fl. 2011). Herved kan brintionerne bytte plads med basekationerne, der er mindre stærkt bundet til det organiske stof, og basekationerne udvaskes fra jorden (Bobbink m.fl. 1998). På et tidspunkt kan jordens bufferkapacitet ikke længere modvirke forsuringen, og der kan derfor ske et relativt kraftigt spring i jordens pH, på trods af en relativ lille udledning af brintioner. Når pH falder, frigives der høje koncentrationer af aluminium og jern i jordvæsken, hvilket har en giftvirkning over for en lang række planter og jordbundsorganismer.

Øget forsuring af hederne betragtes som et stigende problem (Bak m.fl. 2016) og som en større trussel mod hedens biodiversitet end selve den øgede mængde kvælstof (Bobbink m.fl. 1998, Roem m.fl. 2000, De Graaf m.fl. 2009, Southon m.fl. 2013). I andre lande bl.a. Holland anbefales kalkning af hederne for at modvirke forsuringen (Kleijn m.fl. 2007), og der foregår en række forsøg

med anvendelse af bl.a. stenmel til at hæve pH (Vogel m.fl. 2014). I jordprøver fra den terrestriske overvågning i Danmark (NOVANA) har 4 % af prøverne pH_{CaCl} værdier under 3,0, 64 % ligger mellem 3,0 og 3,5 og kun 32 % har pH værdier på 3,5 og derover (Nielsen m.fl. 2015). Nygaard m.fl. (2014) fastslår, at pH i morlaget bør ligge over 3,5, mens værdier under 3 er direkte ugunstige for hedens opretholdelse.

Der er formentlig sket et fald i pH i takt med stigende eutrofiering, men der er kun få tidligere målinger af pH målt på samme måde som i NOVANA, der kan sige noget om udviklingen i pH over tid. Hansen (1976) fortog en grundig undersøgelse af 50 heder og målte pH værdier mellem 3,94 og 4,27, men målt i vand, hvilket giver en højere værdi end prøver målt i CaCl. Ifølge Van den Berg m.fl. (2005) og Bak m.fl. (2016) formodes naturpleje med gentagne fjernelse af biomasse at være en medvirkende faktor til forsuring af hederne.

Den eutrofiering, der er sket som følge af kvælstofdepositionen fra industri, landbrug og trafik, påvirker ikke kun bufferkapacitet og pH, men medfører også en ubalance i forholdet mellem kvælstof og fosfor (N:P). Tilførsel af fosfor - og basekationer sker ikke i samme omfang som tilførsel af kvælstof og tilførslen er meget begrænset især på næringsfattige sandjorde. Det betyder at græsser som bølget bunke (*Deschampsia flexuosa*) og blåtop (*Molinia caerulea*), der har et lavere fosforbehov end hedelyng, får øget konkurrenceevne og kan brede sig på bekostning af hedelyng i takt med, at den ældes og bliver mere åben (Southon m.fl. 2013). Det har vi set ske på mange indlandsheder som f.eks. Randbøl Hede (Degn 2005), hvor især blåtop, men også bølget bunke har afløst hedelyngen og er dominerende på store dele af heden. Bølget bunke og blåtop danner tætte bevoksninger af høje græstuer, der udskygger mere lyskrævende arter og gør vegetationen meget artsfattig. Specielt blåtop er et problem, fordi den er vanskelig at begrænse, når den først har etableret sig som dominerende art (Buttenschøn m.fl. 2005). Blåtop er ikke kun et problem på danske heder, men synes at være et generelt problem for nordvesteuropæiske hedesamfund. Engelske pollenundersøgelser fortæller, at blåtop ikke tidligere har haft så stor udbredelse som nu (Chambers et al 1999). Som årsag til dens succes angives manglende eller utilstrækkelig pleje af hederne samt den øgede kvælstoftilførsel (Aerts & Heil 1993).

I klithederne er udbredelsen og dækningsgraden af bølget bunke steget signifikant i perioden 2004-2014 (Nygaard m.fl. 2015). Den øgede forekomst af græsser har en selvforstærkende effekt, da en række forhold i jorden ændres. Morlaget nedbrydes gradvist, da der ikke længere tilføres

polyfenoler fra dværgbuskenes førne, og tilgængeligheden af næringsstoffer øges dermed yderligere (Schmidt m.fl. 2007), hvilket øger græssernes konkurrenceevne.

Jordbundens C:N-forhold er en vigtig indikator for jordens evne til at tilbageholde næringsstoffer og regulere pH. Ved et højt C:N-forhold kan jordens mikroorganismer binde kvælstofpuljen i det organiske jordlag, og gøre det utilgængeligt for de fleste plantearter. Herved beskyttes heden mod næringsbelastning. Et højt C:N-forhold fungerer derfor som en naturlig buffer mod eutrofiering og forsuring (Nygaard m.fl. 2015). I kriterier for gunstig bevaringstilstand er der angivet et C:N-forhold på over 30 målt i morlaget som indikator for en gunstig tilstand (Nielsen og Bak 2003, Nygaard m.fl. 2014).

Kvælstofindholdet i årsskud af lyng anvendes ligeledes som indikator for hedens bevaringstilstand. Et højt indhold af kvælstof i årsskuddene kan indikere en eutrofiering. I kriterierne for gunstig bevaringstilstand er angivet en øvre grænse for kvælstof på 14 mg/g. Ved et øget kvælstofindhold i skudspidserne er der en tendens til en øget hyppighed af angreb af lyngens bladbille (*Lochmea suturalis*) på hedelyngen, der kan betyde, at hedelyngen dør væk og afløses af græsser (Nielsen og Bak 2003). Hollandske undersøgelser har således vist en sammenhæng mellem intensitet og hyppighed af bladbilleangreb og næringsstofstatus på heder (Brunsting and Heil 1985). Ved et større angreb af bladbiller vil en stor andel af lyngen dø som følge af udtørring, da der fra afbidte blade vil være et stort fordampningstab.



Bladbille angreb på hede ved Trehøje

I sept. 2015 var en stor del af forsøgsområdet ”ugræsset kontrol slået i 2010” blevet angrebet af lyngens bladbille, mens der kun blev konstateret sporadiske angreb på de fåregræssede forsøgsområder.

Der er en tendens til at bladbillerne især angriber ældre lyng. Den ældre lyng er mere følsom overfor udtørring og dør som følge af angrebene, mens yngre lyng i højere grad kan overleve.

Udfordringer for naturplejen

For at genoprette og vedligeholde en afbalanceret hedejord og en stabil hede i naturlig succession skal naturplejen resultere i en reduktion af kvælstof uden, at der skabes ubalance gennem fjernelse af for stor en andel af fosfor og basekationer.

Fjernelse af næringsstoffer ved forskellige plejemetoder

På Lüneburger Heide i Nordtyskland er der gennemført en række undersøgelser af hvor mange næringsstoffer, der fjernes ved forskellige plejemetoder (Tabel 1). Her blev effekten på næringsstofpuljerne opgjort efter 1 år med fire forskellige plejemetoder; græsning 8 timer dagligt med 1,1 får ha^{-1} , vinterafbrænding af overjordisk biomasse, slåning i 10 cm's højde samt tørveskrælning, hvor biomasse og morlag blev fjernet (Härdtle m.fl. 2006 og 2009). Den mest effektive fjernelse af kvælstof sker gennem tørveskrælning, hvor morlaget, der indeholde en mængde kvælstof, fjernes. Ved skrælning fjernes der ligeledes en stor mængde fosfor og basekationer. Ved en høj kvælstofdeposition vil det fjernede kvælstof hurtigt erstattes igen, hvilket kan medføre en næringsstofubalance i forhold til fosfor og kationer. Det vil øge græssernes konkurrenceevne overfor de mere fosforkrævende dværgbuske, og kan fremme tilgroning med blåtop og bølget bunke (Schmidt 2015). Intensiv slåning, hvor morlaget slås i stykker med følgende øgning af nedbrydningsraten, har samme effekt som tørveskrælning. Intensiv slåning og tørveskrælning skaber desuden en flade uden naturlige strukturelementer og resulterer i en ensartet vegetation med lav biodiversitet.

Tabel 1 Fjernelse af næringsstoffer ved forskellige plejemetoder på Lüneburg Heide (Härdtle m.fl. 2009). Græsningen sker med hyrdede får, og fårene flyttes hver nat til en natfold, hvor en del af deres ekskrementer afleveres.

	Kvælstof fjernet pr. gang Kg/N ha^{-1}	Årligt $\text{Kg/N ha}^{-1} \text{ år}^{-1}$	Fosfor fjernet pr. gang Kg/P ha^{-1}	Årligt $\text{Kg/P ha}^{-1} \text{ år}^{-1}$	N/P ratio af fjernet materiale
Fåregræsning (hvert år)	25,6	25,6	1,9	1,9	13,5
Afbrænding (hvert 10. år)	106	10,6	1,9	0,2	53
Slåning (hvert 10. år)	100	10	7,4	0,7	14,1
Tørveskrælning (hvert 30. år)	1716	57,2	76,9	2,6	22

Ved afbrænding fjernes kvælstof i form af gasserne NO_x , NH_3 og N_2 . Men i modsætning til slåning, fjernes der kun lidt fosfor og kationer ved afbrænding, idet fosfor og kationer ikke optræder i gasform og forbliver i jorden. Det viser undersøgelse af effekten af en brand i Hansted Reservatet, hvor 192 ha klithede brændte i 1992. Her blev 68 % af kvælstoffet fjernet, mens der kun forsvandt 20 % af fosforpuljen (Vestergaard og Alstrup 1996). Undersøgelser fra Lüneburger Heide viste, at mens slåning fjernede biomasse med et N:P-forhold på ca. 14, så var N:P-forholdet ved afbrænding på 53 (Härdtle m.fl. 2009). Afbrænding øger også koncentrationen af basekationer i jorden (Härdtle m.fl. 2006), hvilket styrker jorden bufferkapacitet. Desuden er asken stærkt basisk, og kan derfor være med til at øge pH, til fordel for biodiversiteten. Ændringer af pH og bufferkapacitet synes dog at være kortvarig, da både afbrænding og slåning signifikant øger udvaskningen af disse kationer fra jorden (Härdtle m.fl. 2006). Hvis denne udvaskning overstiger det lave input af basekationer, kan både afbrænding og især slåning (hvor K, Mg og Ca også fjernes med vegetationen) derfor over tid sænke jordens bufferkapacitet og altså virke forsurende. Den mængde af kvælstof, der forsvinder fra systemet ved afbrænding, afhænger i høj grad af temperaturen på branden og dermed årstiden. Når temperaturen stiger, afbrændes mere organisk materiale og mere kvælstof fjernes fra systemet (Chapin m.fl. 2011). Derfor kan afbrænding også potentielt fjerne mere kvælstof fra heden end traditionel slåning af vegetationen. En forøgelse af C:N-forholdet i det tilbageværende morlag, vil dog først ske i det øjeblik vegetationen igen optager kvælstof, der er frigjort fra morlaget, eller udvaskningen fra jorden øges mærkbart. Undersøgelserne fra Lüneburger Heide viste, at den mængde kvælstof, der blev fjernet fra systemet via afbrænding og slåning, blev tilbageført via atmosfærisk deposition i løbet af blot ca. 5 år ved en årlig kvælstofdeposition på heden på $22,8 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ år}^{-1}$. Depositionen er reduceret væsentligt i Danmark i løbet af de sidste årtier og lå i 2014 i gennemsnit for hele landet på $15 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ år}^{-1}$ (Ellemann m.fl. 2015).

Ved afgræsning med får viste forsøgene fra Lüneburger Heide, at græsning har potentiale til at fjerne samme mængde kvælstof som der årligt tilføres (Härdtle m.fl. 2009). Det skyldes, at der er tale om græsning med hyrde, hvor dyrene opholder sig i indhegning om natten. Fårene foretrækker at æde de dele af hedelyng og andre planter, der har det højeste indhold af kvælstof. Deres evne til at vælge føden bid for bid betyder, at den føde de æder, har et forholdsvis højere næringsindhold end den føde som f.eks. kvæg kan hente på en tilsvarende hede. Den store mængde næringsstoffer, der fjernes, er betinget af at græsningsdyrene fjernes fra heden om natten. Omkring 90 % af den føde, dyrene indtages, afleveres igen i form af urin og ekskrementer. Ved at flytte fårene væk kan

tilbageførslen af næringsstoffer reduceres med op til 60 %. Græsningen fjerner ikke kun kvælstof men også en stor andel af fosfor og kationer (Tabel 1). Intensiv fjernelse af næringsstoffer ved græsning kan derfor svække stabiliteten og medføre forsurening (Fottner m.fl. 2007).

Effekt af pleje på regeneration af dværgbuske og biodiversitet

Målet for hedepleje har generelt været at fastholde hederne i et stadie domineret af dværgbuske. I dag er der stigende fokus på bevaring af hele det artspektrum, der er knyttet til heden som økosystem (Schmidt 2015). Mange undersøgelser dokumenterer effekten af forskellige former for pleje på hedens plantesamfund (Tabel 2 og 3). I forhold til biodiversitet har valg af metode, behandlingshyppighed samt om behandlingen er fladedækkende eller foretages i en mosaik stor betydning. Måltrettet græsning angives generelt som den metode, der giver den største diversitet (Lake m.fl. 2001), afbrænding (Vandvik m.fl. 2005) og ekstensiv (mosaik)slåning øger ligeledes diversiteten mens intensiv slåning og tørveskrælning resulterer i en mere artsfattig plantevækst.

Tabel 2. Effekten af forskellige plejemetoder på næringsstof pulje og biodiversitet

	Græsning	Afbrænding	Slåning, lav intensitet	Tørveskrælning
Fjernelse af N	Tilstrækkelig*	Utilstrækkelig	Utilstrækkelig	Tilstrækkelig
Fjernelse af P	Negativ pulje	Tilpas	Negativ pulje	Ekstrem negativ pulje
Biodiversitet	Positiv til meget positiv	Positiv	Positiv	Negativ

*Ved hyrdet fåregræsning

Der er ingen af de traditionelle plejemetoder, der kan fjerne tilstrækkeligt kvælstof til at kompensere for den årlige tilførsel samtidig med, at balancen mellem kvælstof, fosfor og gunstig pH bevares. Spørgsmålet er, om man ved at kombinere forskellige metoder, der hhv. fjerner tilstrækkeligt kvælstof, som styret afgræsning, og bevarer en tilstrækkelig pulje af fosfor og basekationer, som afbrænding, kan opnå en pleje, der på længere sigt kan bevare hederne. Fottner m.fl. (2007) foreslår en kombination af fåregræsning og mosaikafbrænding på baggrund af forsøgene på Lüneburg Heide.

Der findes kun få undersøgelser bl.a. fra Norge (Vandvik m.fl. 2005, Velle m.fl. 2014), der belyser effekten af græsning kombineret med afbrænding på lyngheder. De norske undersøgelser foregår på kystheder, hvor der tilføres relativt store mængder kationer via saltpåvirkning fra havet. Fåregræsning og afbrænding giver her en artsrig plantevækst i et varieret terræn med klipper og vekslende jorddybde.

Tabel 3. Skematisk oversigt over forskellige plejemetoder.

Metode	Fordele	Ulemper	Bemærkninger
Afbrænding (mosaik afbrænding af små arealer)	Fremmer frøspiring og vegetativ foryngelse ^{1,2} . Fjerner forholdsvis mere N end P. Strukturrig og varieret plantevækst 2-4 år efter afbrænding ³ . Skånsom overfor fossile spor. Forholdsvis billig plejemetode.	Vejrafhængig og dermed vanskelig at planlægge – nogle år lykkes det ikke at få brændt af. Øger udvaskning af kationer ⁴ .	Traditionel driftsform, der kun har været lidt anvendt på militærets og Naturstyrelsens arealer ved Oksbøl og Thy. Anvendes i stigende grad, bl.a. i forsøg på begrænsning af angreb af lyngens bladbille.
Græsning, kvæg	Vedligeholder lyngheder. Resultater i arts- og urterige heder med heterogen struktur ^{5,6} . Hæmmer revling	Udvikler plantevæksten i retning af surt overdrev ⁴ . Kan fremme tilgroning med invasive arter. Fjerner kun få næringsstoffer. Slid fra færdsel kan hæmme laver.	Den mest anvendte plejemetode. De nuværende tilskud til naturpleje betyder, at det er en billig metode. Har behov for græsser, urter og/eller løvbærende buske som foder-supplement
Græsning, får	Traditionel driftsform på heden. Vælger de mest næringsrige dele af planterne og kompenserer i nogen grad for lavt næringsindhold. Er bedre end heste og kvæg til at holde træer og buske nede inklusiv invasive arter som rynket rose.	Resultater i en relativt ensartet og artsfattig hede ⁶ . Efterlader grov plantevækst. Kan græsse for hårdt på lyng. Fjerner kun små mængder næringsstoffer med mindre dyrene flyttes væk om natten ⁷ .	Ved hyrdede får – eller ved rotationsgræsning kan fårene udvikle mere artsrige heder og reducere mængden af blåtop og andre uønskede arter.
Jordbearbejdning (harvning, fræsning og skråpløjning)	Øger mulighed for frøspiring. Anvendes især til retablering af heder, der er groet til med bølget bunke og blåtop ⁸ .	Forstyrrer jordlag og evt. fossile dyrkningsflader mv. Øger udtørring af jorden der kan skade lyngspirer. Relativ dyr og usikker plejemetode. Forringer heterogeniteten og kan dermed reducere biodiversiteten.	Jordbearbejdning foretages primært som supplement til slåning for at skaffe spiresteder for nye lyngplanter. Resultaterne har varieret, men har ofte været negative. Flere former for jordbearbejdning testes i LIFE Hede-projekt ⁹ .
Slåning	Vegetativ foryngelse af hedelyng i relativ god stand ² . Slåning i små felter kan give en mosaik af forskelligt aldrede lyng Salg af lyng kan helt eller delvis dække udgiften til slåning	Intensiv lyngslåning giver en relativt artsfattig hede, hvor myretuer og andre strukturelementer fjernes. Jo hyppigere slåning des mere ensartet bliver heden. Øger udvaskning af kationer ⁴ .	Maskinel slåning anvendes i stigende grad, bl.a. for at stoppe angreb af lyngens bladbille. Det er en nem metode at administrere og salg af lyngris kan betale for slåningen. Biomasse fra heder i dårlig tilstand forsøges anvendt til bioenergi m.v.
Tørveskrælning	Retablerer lyngheder efter tilgroning med blåtop ⁸ . Fjerner mange næringsstoffer. Kræver kun behandling med mange års mellemrum.	Resultater i en ”lyngplæne” med lavt art- og strukturindhold. Kan ødelægge gamle agerspor m.v. Medfører muligvis en øget forsuring og ubalance af jorden ¹⁰ . Meget dyr metode.	Der er praktiske forsøg med at anvende det afskrællede morlag som jordforbedring på agerjord ⁹ .

Kilder ¹Gimingham 1992, ²Riis-Nielsen m.fl. 1992, ³Vandvik m.fl. 2005, ⁴Härdtle m.fl. 2006, ⁵Buttenschön og Buttenschön 2015, ⁶Lake m.fl. 2001, ⁷Härdtle m.fl. 2009, ⁸Buttenschön m.fl. 2005. ⁹<http://naturstyrelsen.dk/naturbeskyttelse/naturprojekter/life-hedeprojektet/> ¹⁰Bak m.fl. 2016.

Forsøgsområderne

Forsøgsområderne ved Trehøje og Præstbjerg ligger på Skovbjerg Bakkeø. Trehøje Bakke er navngivet efter tre store bronzealderhøje, der ligger på en 101 m høj markant bakke med vid udsigt over hedelandskabet, og som er et velbesøgt udflugtsmål. Heden ved Præstbjerg ligger i tilknytning til Præstbjerg Naturcenter, der ligeledes er et velbesøgt udflugtsmål med mange aktiviteter, herunder undervisning i og demonstrationer af hedepleje.

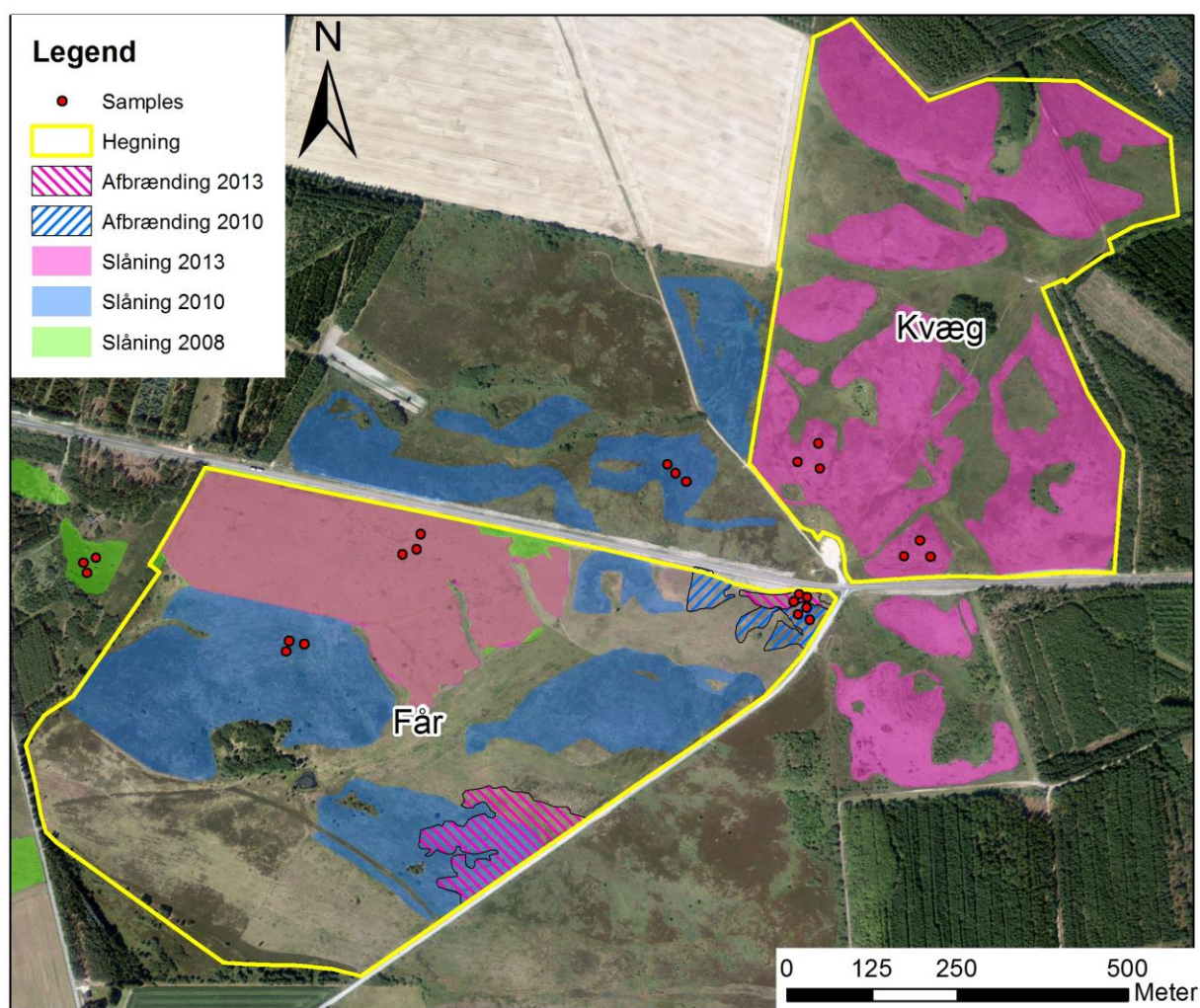
Heden på Trehøje Bakke består af en række privatejede parceller, der indgår i en 300 ha stor fredning fra 1951. Der er fåregræsning med hyrdede får på ca. 80 ha af heden, fordelt på flere parceller. Græsningen, der varetages af foreningen ”Får til Kanten” med en fårebesætning bestående af hårdføre nordiske får (spælsau), ejet af Berit Killerich, startede i 2014. Fårene flyttes til og fra de forskellige parceller flere gange i løbet af året, bestemt af vegetationstilstanden. Græsningen styres af en vandrende hyrde med fårehunde suppleret af midlertidige småhegn bl.a. til natopbevaring af fårene. Den del af den fåregræssede hede, der indgår i undersøgelsen, er delvis indhegnet af fårehegn for at sikre, at dyrene ikke løber ud på de omgivende landeveje. Ud over græsningen er der foretaget afbrændinger og slåninger af delområder (se tabel 4, oversigtskort 1) for at forynge hedelyngen og øge mængden af frisk plantevækst til fårene. Til sammenligning med fåregræsningen indgår der parceller, der har været slået i hhv. 2008 og 2010 samt hede, der har været kvæggræsset siden 1994, hvor der ligeledes er foretaget slåninger af delområder sidst i 2013.

Tabel 4. Oversigt over kombinationer af behandlinger på hederne ved Trehøje og Præstbjerg.

Lokalitet	Behandling
Trehøje indhegning, S for Trehøjevej	Afbrændt 2013, fåregræsset
Trehøje indhegning, S for Trehøjevej	Afbrændt 2010, fåregræsset
Trehøje indhegning, S for Trehøjevej	Slået 2013, fåregræsset
Trehøje indhegning, S for Trehøjevej	Slået 2010, fåregræsset
Trehøje S for Trehøjevej	Slået 2008
Trehøje N for Trehøjevej	Slået 2010
Trehøje N. for Trehøjevej	Kvæggræsset siden 1994, periodisk slåning sidst i august 2013*
Præstbjerg	Afbrændt 2012, fåregræsset
Præstbjerg	Afbrændt 2014, fåregræsset
Præstbjerg	Afbrændt 2015, fåregræsset

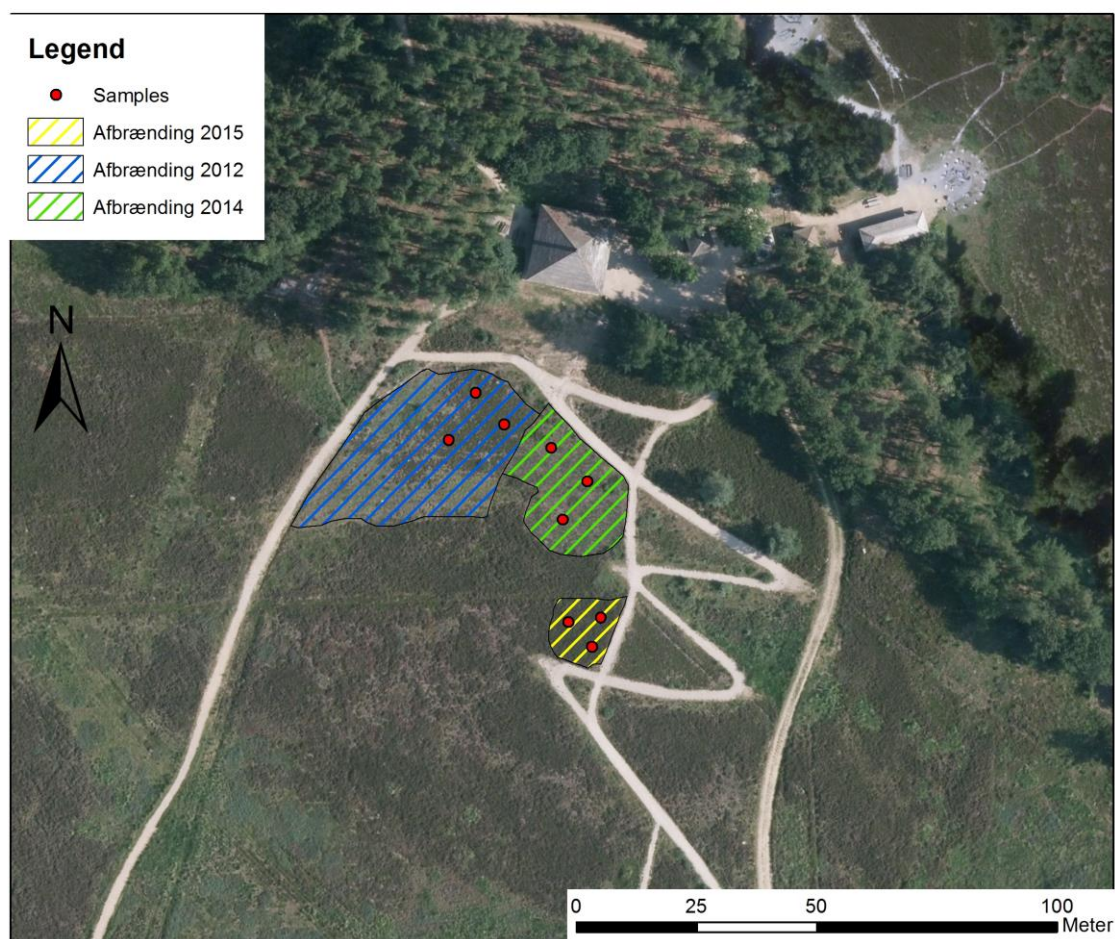
*Der er ikke foretaget jordbundsanalyser på det kvæggræssede areal.

Ringkøbing Amt og efterfølgende af Herning Kommune har ifølge oplysninger fra kommunen foretaget forskellige former for pleje, bl.a. slåning og fræsning, på dele af heden ved Trehøje. Plejen har specielt været målrettet bekæmpelse af blåtop, der tidligere dominerede store dele af heden. I dag er udbredelsen af dominerende bestande af blåtop mere begrænset og findes især i fugtige lavninger.



Oversigtskort 1. Trehøje Bakke med placering af undersøgelsesfelterne i den fåregræssede- og kvæggræssede fenne samt i de to ugræssede parceller, der er slået i hhv. 2008 og 2010.

Heden ved Præstbjerg plejes ligeledes ved hjælp af fåregræsning med vandrede hyrde. Her græsses med op til ca. 350 voksne får på ca. 100 ha hede på kommunalt ejede arealer ved Præstbjerg Naturcenter. Græsningen startede i 2011 og styres af fårehunde og hyrde uden hegn. Fårene flyttes til og fra flere gange i løbet af sæsonen. Der er foretaget mosaikafbrænding af småområder flere steder, bl.a. på de tre små områder afbrændt hhv. 2012, 2014 og 2015, der indgår i undersøgelsen (tabel 4, oversigtskort 2).



Oversigtskort 2. Præstbjerg hede med de permanente analysefelter. Heden græsses med hyrdede får og uden indhegning.



Afbrænding af gammel lyng og fåregræsning på heden ved Præstbjerg, marts 2012



Fåregræsset hede ved Trehøje med forsøgsområde brændt 2010 i forgrunden.



Fåregræsset hede ved Trehøje med forsøgsområde slået 2013, hvor der stadig er en del bar jord.

Metoder

Vegetationen blev registreret på 8 forskellige permanent afmærkede, tilfældigt udvalgte områder på Trehøje Bakke og på 3 områder på heden ved Præstbjerg i løbet juli-september 2015 (Oversigtskort 1 og 2). Det var ikke muligt at genfinde felter, der blev analyseret under Nordisk Kulturlandskabsforbunds workshop i 2014 (Hald 2014). Registreringen blev foretaget i 3 cirkler med en radius på 5 m i hvert område. I hver 5 m-cirkel blev planterne registreret i 20 Raunkjærcirkler. Der blev anvendt en modificeret frekvensanalyse med en underafdeling af Raunkjærcirklen i tre cirkler. Planter registreret i den inderste cirkel på i alt 10 cm^2 tæller en med faktor 3, planter i den næste cirkel på i alt 100 cm^2 tæller med en faktor 2, mens planter i den yderste cirkel på 1000 cm^2 tæller med en faktor 1.

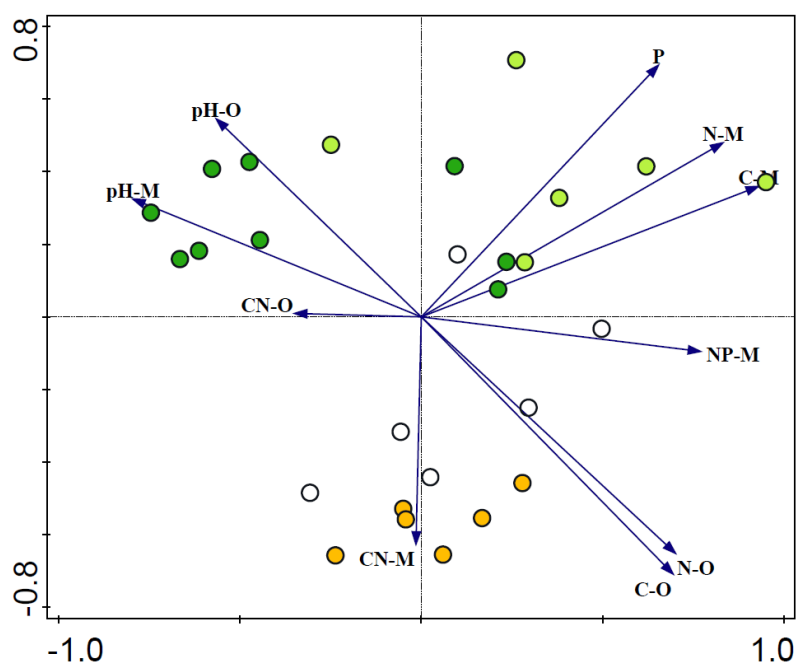
Der blev indsamlet jordprøver i kanten af vegetationscirklerne, bortset fra på den kvæggræssede, til analyse af $\text{pH}_{\text{CaCl}_2}$, kulstof (C), kvælstof (N), fosfor (P) og kationer (Ca, Na, K, Mg, Mn, Fe og Al). For at få en repræsentativ jordprøve fra hver dokumentationscirkel, blev der udtaget tre jordprøver med en dybde af ca. 15 cm. Efter separation af morlaget (O-horison) og minerallaget (E-horison) blev de tre ens horisonter slået sammen og blandet til én prøve. Prøverne blev herefter ovntørret på 55°C i fire døgn hvorefter de blev sigtet (2 mm) for at fjerne sten, rødder mm.. En delprøve fra hver jordprøve blev sat til side til pH måling mens den resterende jordprøve blev findelt og homogeniseret (Retsch PM 400 ball mill). Måling af jordens pH blev foretaget ved at mikse delprøverne med en 0,01M CaCl_2 -opløsning. Delprøverne blev rystet i to timer hvorefter pH blev målt (Metrohm 855 Robotic Titrosampler).

Total kvælstof- og kulstofindhold i mor- og minerallaget blev bestemt via afbrænding (Flash 2000 CN-analyser). For minerallaget blev fosfor indholdet bestemt ved at nedbryde prøven i 0,1M svovlsyre i to timer. Prøven blev herefter centrifugeret og filtreret ($0,45 \mu\text{m}$). Mængden af plantetilgængeligt fosfor (PO_4) blev bestemt med en flow injektions analyse (FIAS 300, Perkin-Elmer). Total fosfor og mængden af kationer (Na, K, Mg, Ca, Al og Fe) i morlaget blev bestemt ved at nedbryde prøverne i 65 % salpetersyre, hvorefter prøverne blev tørret i mikroovn i 30 min. Næringsstofindholdet blev bestemt ved hjælp af emissionsspektroskopi (ICP OES Perkin-Elmer 3000 XL).

Der blev desuden indsamlet 3 prøver af årsskud af hedelyng og blåtop fra hvert forsøgsområde, dog undtagen prøver af blåtop fra Præstbjerg, hvor den ikke var repræsenteret. Analyser af næringsstofindhold i hedelyng og blåtop blev foretaget på samme vis som for morlaget.

Statistisk analyse

På grund af tydelige forskelle i jordprøverne fra Trehøje og Præstbjerg blev de statistiske analyser foretaget separat (Figur 1). Efter at have testet for varianshomogenitet (Levene's test) blev der foretaget en én-vejs ANOVA-test for at fastslå, om der er signifikante forskelle på jordbundsforhold, artsantal og vegetationssammensætning mellem behandlingerne. Såfremt ANOVA-testen viste signifikante forskelle, blev Tukey's test herefter anvendt til at fastslå mellem hvilke behandlinger de signifikante forskelle findes. I tilfælde af at varianshomogenitet ikke kunne opnås, blev en ANOVA-test med Welch's korrektion og en Games-Howell test som post-hoc test i stedet benyttet. Al dataanalyse blev foretaget med SPSS Statistics v. 23.



Figur 1. PCA af resultaterne fra jordbundsanalyserne viser, at der er en stor spredning i resultaterne fra behandlingerne med afbrænding og fåregræsning på Præstbjerg (mørkegrøn) og afbrænding og fåregræsning på Trehøje (lysegrøn), der sammen med andre ikke viste analyser, antyder at der er en forskel mellem jordbunden på Præstbjerg og Trehøje. Gul og hvid er hhv. ugræsset kontrol og fåregræsset/slået.

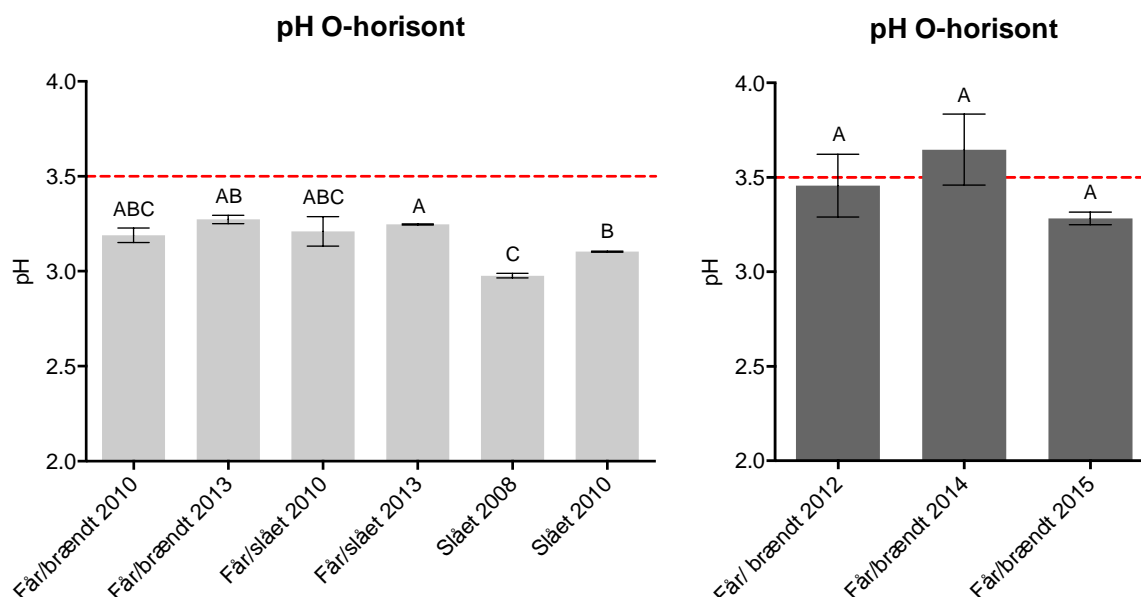
Resultater

Jordbund

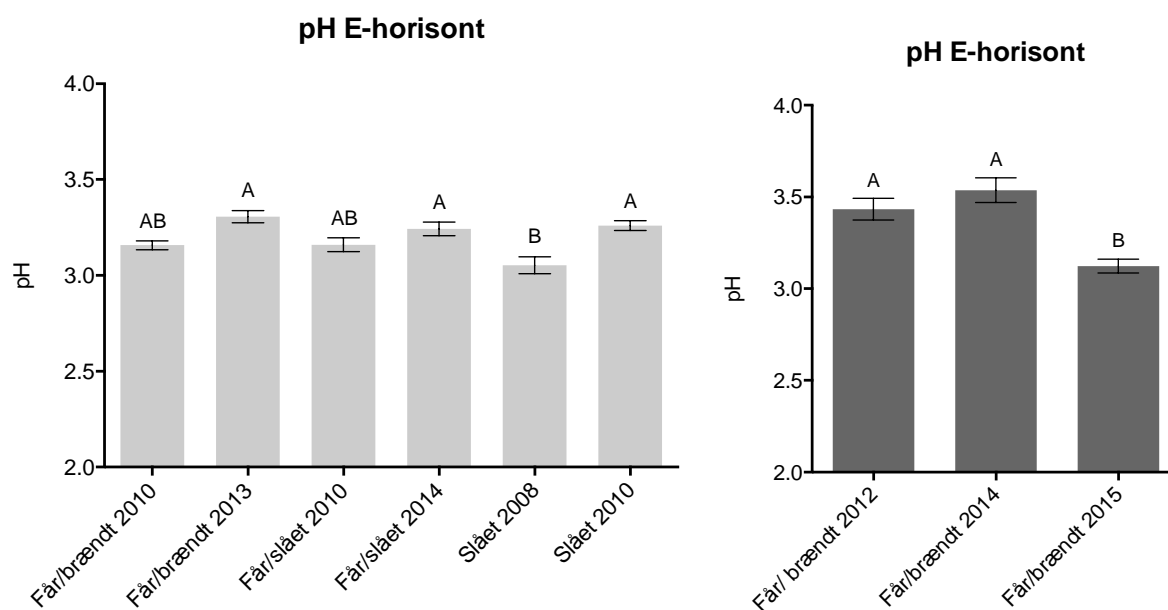
pH

Jordbunden har generelt en lav pH med en gennemsnitsværdi på 3,46 for de tre forsøgsområder på Præstbjerg. På Trehøje er den gennemsnitlige pH værdi 3,23 på de fåregræssede områder og 3,04 på de ugræssede kontrolområder målt i morlaget (Figur 2). Alle forsøgsområders pH ligger således med én enkelt undtagelse under 3,5. Der er ikke en entydig forskel på pH ved de forskellige behandlinger målt i hhv. O-horisont og E-horisont (Figur 3), men pH varierer med tidspunktet for hvornår afbrænding og slåning i det græssede og i det ugræssede kontrol er foretaget. pH er generelt højere på de senest behandlede områder i forhold til de tilsvarende behandlinger foretaget tidligere, bortset fra det senest brændte på Præstbjerg

pH er en vigtig faktor for vegetationen, da både tilgængeligheden af næringsstoffer, jordbundsstruktur, nedbrydningsprocesser mv. er styret af pH. pH i morlaget bør ligge over 3,5, mens værdier under 3 er direkte ugunstige for hedens opretholdelse og fører til at karakteristiske urtesamfund forsvinder (Nygaard m.fl. 2014).



Figur 2. Gennemsnitlige pH-værdier (\pm SE) i O-horisonten på Trehøje (lysegrå) og Præstbjerg (mørkegrå). Forskellige bogstaver over søjlerne viser at værdierne er signifikant forskellige ($P < 0,05$). Den røde linie ved pH 3,5 angiver den nedre grænse for pH i O-horisonten for at heden har en gunstig bevaringsstatus (Nygaard m.fl. 2014).



Figur 3. Gennemsnitlige pH-værdier (\pm SE) i E-horisonten på Trehøje (lysegrå) og Præstbjerg (mørkegrå). Forskellige bogstaver over søjlerne viser at værdierne er signifikant forskellige ($P < 0,05$).

Kulstof, Kvælstof og fosfor

Indholdet af både kvælstof og fosfor er tilsyneladende en del lavere på Præstbjerg end Trehøje, og med en signifikant variation i kvælstofindholdet i minerallaget (Tabel 5).

Tabel 5 Gennemsnitlige puljer (\pm SE) af kulstof (C), kvælstof (N) og fosfor (P) i O-horisonten (O) og E-horisonten (E) i Trehøje og Præstbjerg. Optræder samme bogstav ikke i forbindelse med to tal, er værdierne signifikant forskellige ($P < 0,05$).

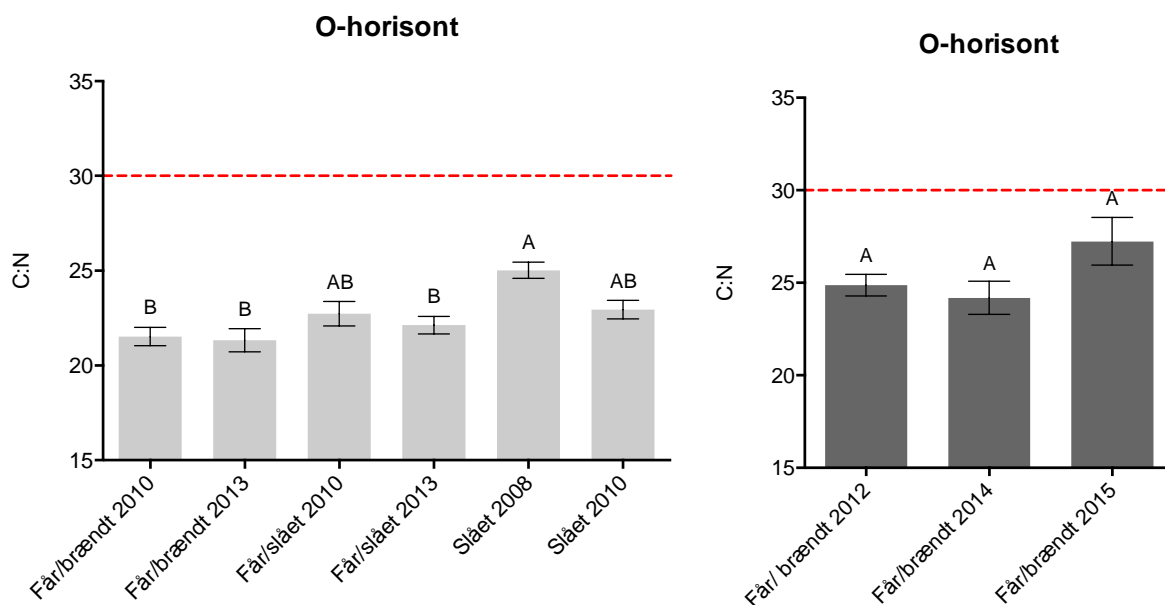
	Trehøje						Præstbjerg		
	Får/brændt 2010	Får/brændt 2013	Får/slået 2010	Får/slået 2013	Slået 2008	Slået 2010	Får/brændt 2012	Får/brændt 2014	Får/brændt 2015
%C (O)	36,62 ($\pm 4,27$) ^{ab}	25,87 ($\pm 3,46$) ^b	35,86 ($\pm 3,49$) ^{ab}	40,53 ($\pm 2,03$) ^a	44,27 ($\pm 0,32$) ^a	40,88 ($\pm 0,81$) ^a	18,89 ($\pm 0,89$) ^b	17,69 ($\pm 1,43$) ^b	29,96 ($\pm 2,73$) ^a
%N (O)	1,17 ($\pm 0,23$) ^a	1,22 ($\pm 0,20$) ^a	1,59 ($\pm 0,20$) ^a	1,84 ($\pm 0,13$) ^a	1,77 ($\pm 0,02$) ^a	1,78 ($\pm 0,02$) ^a	0,76 ($\pm 0,05$) ^a	0,73 ($\pm 0,07$) ^a	1,11 ($\pm 0,15$) ^a
P (mg/g) (O)	0,51 ($\pm 0,05$) ^a	0,42 ($\pm 0,05$) ^a	0,48 ($\pm 0,05$) ^a	0,56 ($\pm 0,03$) ^a	0,51 ($\pm 0,01$) ^a	0,53 ($\pm 0,02$) ^a	0,29 ($\pm 0,01$) ^b	0,30 ($\pm 0,03$) ^b	0,44 ($\pm 0,04$) ^a
%C (E)	8,98 ($\pm 1,21$) ^a	5,55 ($\pm 1,00$) ^{ab}	4,96 ($\pm 0,89$) ^b	3,55 ($\pm 0,80$) ^b	4,13 ($\pm 0,37$) ^b	2,85 ($\pm 0,27$) ^b	2,66 ($\pm 0,24$) ^b	2,17 ($\pm 0,21$) ^b	5,72 ($\pm 0,17$) ^a
%N (E)	0,31 ($\pm 0,06$) ^a	0,19 ($\pm 0,03$) ^{ab}	0,15 ($\pm 0,03$) ^b	0,10 ($\pm 0,02$) ^b	0,08 ($\pm 0,02$) ^b	0,10 ($\pm 0,01$) ^b	0,081 ($\pm 0,005$) ^b	0,069 ($\pm 0,006$) ^b	0,144 ($\pm 0,001$) ^a

De forskelle der findes i indholdet af kvælstof kan være faktiske fordi nogle områder er mere eutrofierede end andre og de dermed også har mere plantetilgængeligt kvælstof. Men det kan også skyldes at jordens indhold af organisk materiale er højere. Kvælstofindholdet afhænger i høj grad af indholdet af organisk stof. Det giver derfor bedre mening at se på forholdet mellem kulstof og kvælstof for at kunne vurdere næringsstofbelastningen.

C:N

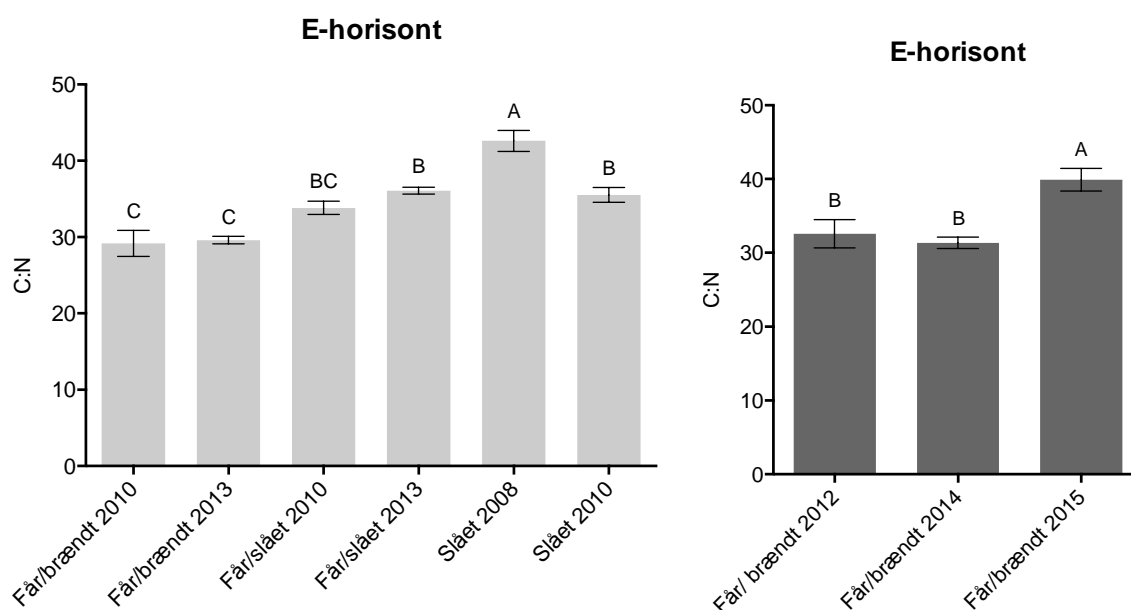
Her er der målt et meget lavt C:N forhold i morlaget ved alle behandlinger, i forhold til at et C:N forhold i morlaget på over 30 indikerer en gunstig bevaringsstatus (Nygaard m.fl. 2014). Der er generelt en tendens til lidt højere værdier på Præstbjerg samt kontrol 2008 (Figur 4). Umiddelbart ses der ingen forskel i effekten på de forskellige plejemetoder på Trehøje. Men der ses dog et lavere kulstofindhold i morlaget i de afbrændte områder. Det er sandsynligvis fordi en del af det organiske stof i morlaget også er gået op i røg i forbindelse med afbrændingen, og kulstofindholdet dermed er faldet. Hvis dette er tilfældet, vil den samme andel af kvælstof også være fjernet fra systemet og med til at C:N forholdet er bevaret. Dette ser ud til at være tilfældet (Tabel 5).

Dog har plejemetoden tilsyneladende ingen effekt på C:N forholdet i det tilbageværende organiske stof i morlaget.



Figur 4. Gennemsnitligt C:N-forhold (\pm SE) for O-horisonten og på Trehøje (lysegrå) og Præstbjerg (mørkegrå). Forskellige bogstaver over søjlerne viser at værdierne er signifikant forskellige ($P < 0,05$). C:N-forhold over 30 (rød linje) i morlaget indikerer, at hedearealet er godt beskyttet mod kvælstofpåvirkning (Nygaard m.fl. 2014).

I minereallaget ses ikke overraskende et væsentligt højere C:N forhold (Figur 5) sammenlignet med morlaget, men med det samme mønster. Hvordan de enkelte plejemetoder påvirker kvælstofpuljen, nedbrydningsprocesser og dermed også en potentiel udvaskning af kvælstof, er dog svær at konkludere på nuværende tidspunkt uden forudgående undersøgelser af jordbunde umiddelbart inden plejetiltagene.

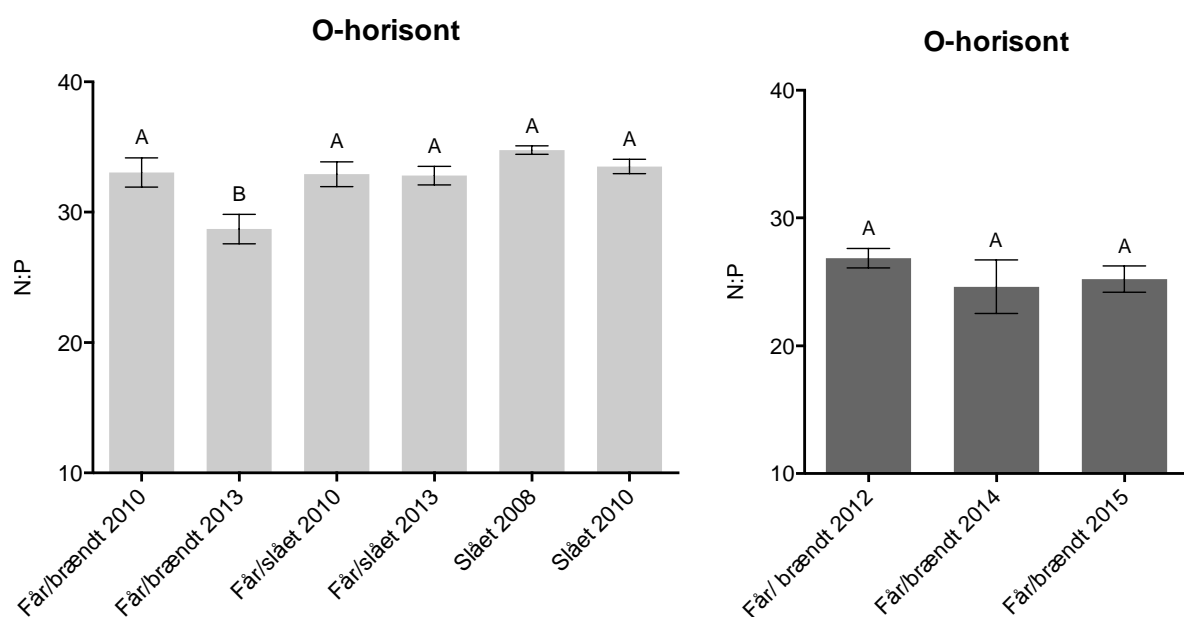


Figur 5. Gennemsnitlig C:N-forhold (\pm SE) i E-horisonten på Trehøje (lysegrå) og Præstbjerg (mørkegrå). Forskellige bogstaver over søjlerne viser at værdierne er signifikant forskellige ($P < 0,05$).

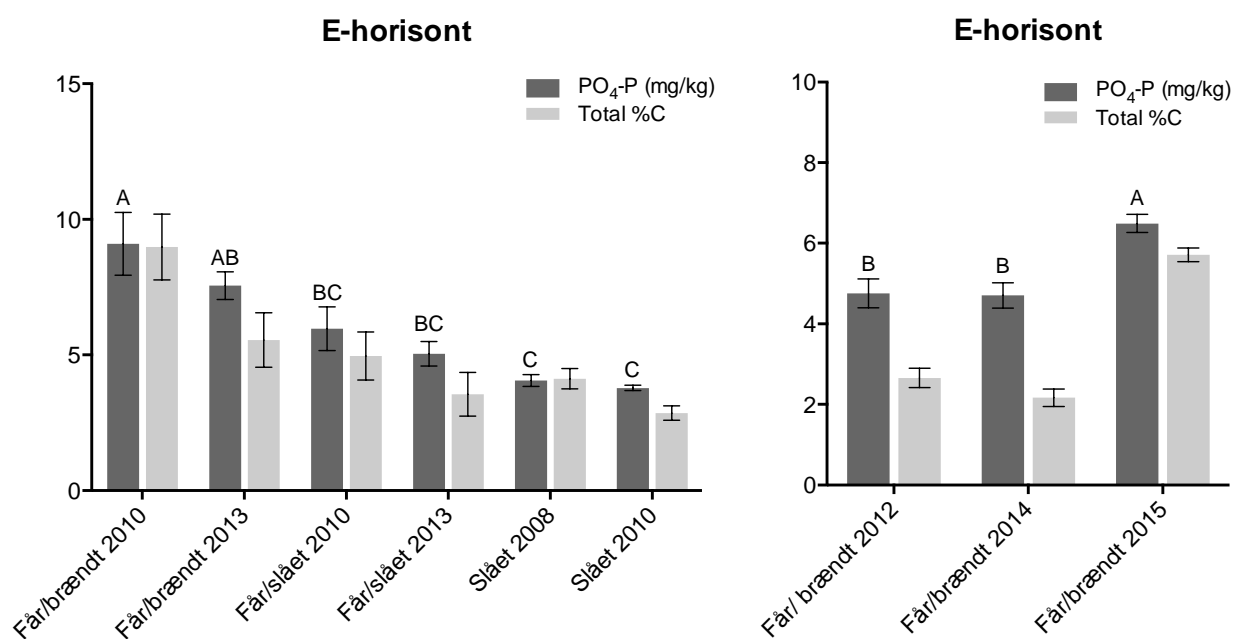
N:P i morlaget

Der er et signifikant lavere N:P-forhold i det sidst afbrændte område på Trehøje (Figur 6) i forhold til de øvrige behandlinger på Trehøje. N:P på de tre behandlinger på Præstbjerg ligger på niveau med afbrændt 2013 på Trehøje.

I E-horisonten har det ikke været muligt at måle det totale indhold af fosfor, og derfor kan et N:P-forhold ikke udregnes. I stedet er fosforindholdet i E-horisonten blev målt som fosfat (PO_4^{3-}) hvilket er den primære plantetilgængelige fosforkilde. På trods af det højere fosforindhold i morlaget efter afbrænding, er der intet øget fosfatindhold i E-horisonten sammenlignet med indholdet af organisk stof (Figur 7). Det indikerer at jordens mikroorganismer i morlaget optager den ekstra fosforpulje inden den bliver udvasket.



Figur 6. Gennemsnitlig N:P-forhold (\pm SE) i O-horisonten på Trehøje (lysegrå) og Præstbjerg (mørkegrå). Forskellige bogstaver over søjlerne viser at værdierne er signifikant forskellige ($P < 0,05$).



Figur 7. Gennemsnitlig fosfatindhold (\pm SE) i E-horisonten på Trehøje og Præstbjerg sammenlignet med total kulstof (%). Forskellige bogstaver over søjlerne viser at værdierne er signifikant forskellige ($P < 0,05$).

Kationer

Generelt ses der ingen signifikante forskelle i de enkelte kationers koncentrationer mellem behandlingerne, hverken i jorden fra Trehøje eller Præstbjerg (Tabel 6). Til gengæld er der en tydelig forskel i koncentrationen af de forskellige kationer. Det skyldes at ionerne ikke er bundet lige hårdt til jorden, og der derfor er forskel på hvor let de udvaskes ved lave pH værdier. Generelt set binder basekationerne sig til jorden og udskifter andre ioner i rækkefølgen: Fe > Al > Ca > Mg > K > Na. Så natrium og kalium udvaskes hurtigere end magnesium og calcium, mens aluminium og jern er de ioner der er bundet hårdest til jordpartikler og det organiske stof.

Tabel 6. Gennemsnitlige koncentrationer (\pm SE) af basekationer i O-horisonten i Trehøje og Præstbjerg. Optræder samme bogstav ikke i forbindelse med to tal, er værdierne signifikant forskellige ($P < 0,05$). Kilde Munoz 2015.

	Trehøje						Præstbjerg		
	Får/brændt 2010	Får/brændt 2013	Får/slået 2010	Får/slået 2013	Slået 2008	Slået 2010	Får/brændt 2012	Får/brændt 2014	Får/brændt 2015
Na (μg/g)	167,6 ($\pm 24,2$) ^a	128,2 ($\pm 20,4$) ^a	153,4 ($\pm 28,3$) ^a	209,6 ($\pm 6,4$) ^a	182,0 ($\pm 9,2$) ^a	178,1 ($\pm 3,6$) ^a	80,0 ($\pm 2,4$) ^{ab}	71,4	105,0 ($\pm 10,5$) ^a
K (mg/g)	0,82 ($\pm 0,05$) ^{abc}	0,69 ($\pm 0,04$) ^c	0,80 ($\pm 0,06$) ^{bc}	0,81 ($\pm 0,04$) ^{abc}	0,93 ($\pm 0,03$) ^{ab}	1,01 ($\pm 0,03$) ^a	0,62 ($\pm 0,04$) ^a	0,67 ($\pm 0,10$) ^a	0,76 ($\pm 0,05$) ^a
Mg (mg/g)	1,01 ($\pm 0,10$) ^a	0,79 ($\pm 0,09$) ^a	0,89 ($\pm 0,10$) ^a	1,08 ($\pm 0,03$) ^a	0,98 ($\pm 0,02$) ^a	1,04 ($\pm 0,01$) ^a	0,61 ($\pm 0,05$) ^a	0,87 ($\pm 0,21$) ^a	0,84 ($\pm 0,13$) ^a
Ca (mg/g)	1,90 ($\pm 0,33$) ^a	1,72 ($\pm 0,29$) ^a	1,77 ($\pm 0,18$) ^a	2,21 ($\pm 0,15$) ^a	1,91 ($\pm 0,10$) ^a	1,85 ($\pm 0,07$) ^a	1,73 ($\pm 0,47$) ^a	1,94 ($\pm 0,44$) ^a	1,90 ($\pm 0,53$) ^a
Al (mg/g)	3,34 ($\pm 0,24$) ^a	2,84 ($\pm 0,13$) ^a	2,98 ($\pm 0,37$) ^a	2,85 ($\pm 0,14$) ^a	2,89 ($\pm 0,15$) ^a	3,59 ($\pm 0,22$) ^a	2,24 ($\pm 0,13$) ^a	2,61 ($\pm 0,48$) ^a	2,12 ($\pm 0,11$) ^a
Fe (mg/g)	4,25 ($\pm 0,23$) ^a	3,82 ($\pm 0,12$) ^a	3,33 ($\pm 0,41$) ^a	3,38 ($\pm 0,20$) ^a	3,37 ($\pm 0,18$) ^a	3,19 ($\pm 1,06$) ^a	2,98 ($\pm 0,36$) ^a	4,06 ($\pm 1,35$) ^a	2,77 ($\pm 0,17$) ^a

Kvælstof:kationer

Indholdet af basekationer i jorden er vigtig i forhold til jordens bufferkapacitet og fordi de er vigtige mikronæringsstoffer for vegetationen. Derfor er forholdet mellem kvælstof og kationer også vigtig, da en høj tilførsel af kvælstof til heden kan betyde ubalance i næringsstofs-koncentrationerne. Selvom det ikke er signifikant, ses der et generelt lavere forhold mellem kvælstof og kationer på det nyligt afbrændte område på Trehøje samt på Præstbjerg (Tabel 7). Det skyldes en opkoncentrering

af kationer i forhold til kvælstof, da kationerne ikke på samme måde som kvælstof kan forlade systemet som gas ved afbrænding.

Tabel 7. Gennemsnitlige forhold ($\pm SE$) mellem kvælstofindhold og basekationer i O-horisonten på Trehøje og Præstbjerg. Forskellige bogstaver i forbindelse med to tal viser at værdierne er signifikant forskellige ($P < 0,05$).

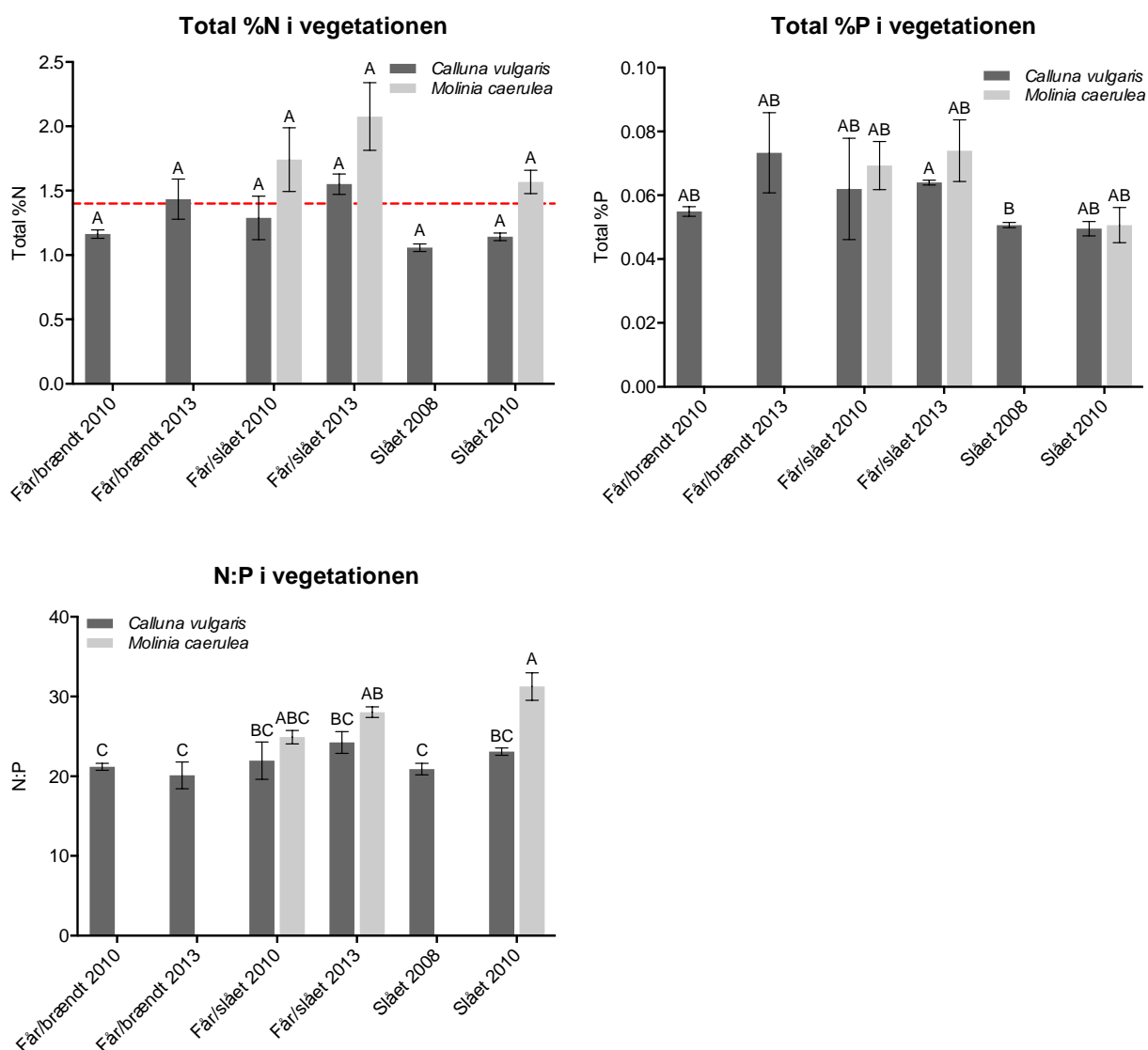
	Trehøje						Præstbjerg		
	Får/brændt	Får/brændt	Får/slået	Får/slået	Slået	Slået	Får/brændt	Får/brændt	Får/br.
	2010	2013	2010	2013	2008	2010	2012	2014	2015
N:K	20,94 ($\pm 2,87$) ^a	17,59 ($\pm 1,96$) ^a	19,87 ($\pm 1,70$) ^a	22,63 ($\pm 0,93$) ^a	18,98 ($\pm 0,53$) ^a	17,63 ($\pm 0,36$) ^a	12,34 ($\pm 0,38$) ^a	11,31 ($\pm 1,45$) ^a	14,47 ($\pm 1,06$) ^a
N:Mg	16,80 ($\pm 0,67$) ^{ab}	15,27 ($\pm 0,63$) ^b	17,74 ($\pm 0,37$) ^{ab}	16,91 ($\pm 0,73$) ^{ab}	18,14 ($\pm 0,30$) ^a	17,19 ($\pm 0,35$) ^{ab}	12,55 ($\pm 0,67$) ^a	9,25 ($\pm 1,85$) ^a	13,35 ($\pm 0,41$) ^a
N:Ca	9,15 ($\pm 0,52$) ^a	7,28 ($\pm 0,93$) ^a	9,16 ($\pm 1,36$) ^a	8,31 ($\pm 0,05$) ^a	9,33 ($\pm 0,63$) ^a	9,67 ($\pm 0,46$) ^a	4,93 ($\pm 1,04$) ^a	4,12 ($\pm 0,77$) ^a	6,56 ($\pm 1,26$) ^a

Indhold af N og P i skudspidser

Indhold af N i skudspidser af hedelyng anvendes som indikator for den tilgængelige mængde af kvælstof i jorden. Som grænse for gunstig tilstand er angivet maks 1,4 % (Nygaard m.fl. 2014). Prøver af hedelyng klippet fra de forskellige forsøgsområder på Trehøje viser, at kun de senest behandlede områder, får/brændt i 2013 og får/slået 2013 har værdier over 1,4 % (Figur 8). Efter afbrænding og slåning øges plantetilgængeligheden af kvælstof, og niveauet stiger. Dette aftager dog over tid. Efter afbrænding øges fosfor indholdet i morlaget, og koncentrationen i planterne stiger derfor ligeledes (Figur 8). Både kvælstof- og fosforindholdet er generelt højere i blåtop sammenlignet med hedelyng, og samlet set er N:P-forholdet i blåtop også højere end i hedelyng (Figur 8).



Indholdet af kvælstof i lyngens skudspidser afspejler ikke kun mængde af tilgængeligt kvælstof i jorden, men varierer også med årstid og lyngens alder, om den er i spiringsfase eller i den degenerative fase (Buttenschøn og Buttenschøn 1982). Mængde og fordeling af nedbør har ligeledes betydning for indholdet af kvælstof.



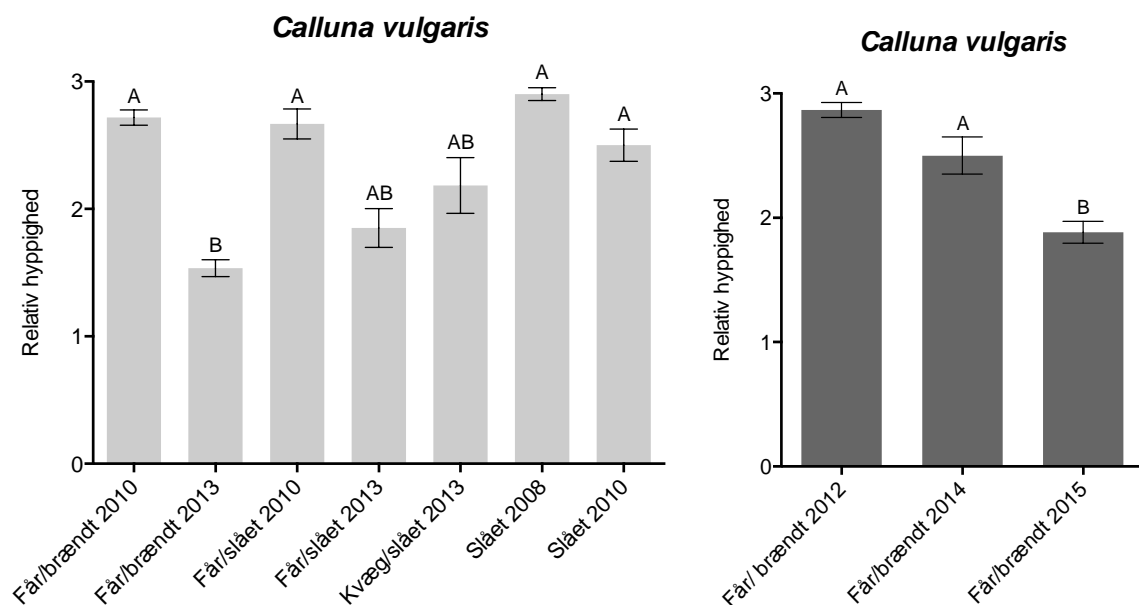
Figur 8. Gennemsnitligt total kvælstof, total fosfor og N:P-forhold (\pm SE) i årsskud fra hedelyng (*Calluna vulgaris*) og blåtop (*Molinia caerulea*) fra Trehøje. Forskellige bogstaver over søjlerne viser at værdierne er signifikant forskellige ($P < 0,05$). Rød linje i figur over % total N angiver grænse for gunstig bevaringsstatus (Nygaard m.fl. 2014).

Vegetation

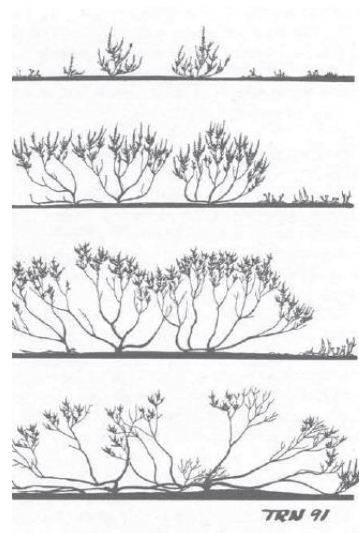
Hypigheden af en række arter og funktionelle grupper er beskrevet nedenfor. I figurerne 9 til 19 er den relative hypighed angivet på en skala fra 0 til 3, hvor 3 er den maksimale værdi, der angiver at planten er registreret i den inderste af de tre cirkler i samtlige 20 Raunkjær-cirklinger, der er foretaget i hver 5-m cirkel.

Hedelyng

Hedelyng er langt den mest dominerende art, der forekommer med stor hyppighed ved alle behandlinger (Figur 9). I de senest foretagne behandlinger på Trehøje, får/brændt i 2013, får/slået 2013, kvæg slået 2013 samt får/brændt 2015 på Præstbjerg er de enkelte lyngplanter stadig små, relativt nyspirede eller under vegetativ regeneration og plantevæksten åben med stor hyppighed af bar jord (Figur 19).



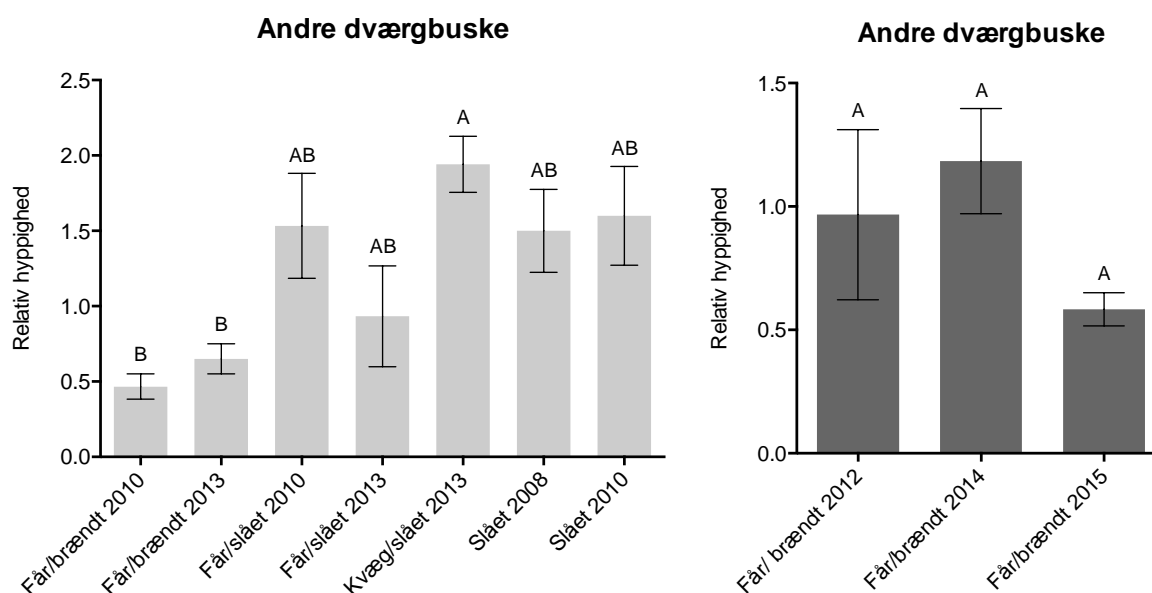
Figur. 9. Relativ hyppighed af hedelyng (*Calluna vulgaris*). Forskellige bogstaver over søjlerne viser at værdierne er signifikant forskellige ($P < 0,05$).



Lyng i pionerfasen med vegetativ regeneration og nye lyngspirer efter afbrænding foråret 2015 på Præstbjerget (foto sept. 2015) samt skematisk oversigt over lyngens 4 faser; pioner-, vækst-, moden- og degenerative fase (Riis-Nielsen m.fl. 2003)

Andre dværgbuske

Tyttebær (*Vaccinium vitis-idaea*) er den hyppigst forekomne art af andre dværgbuske. Den forekommer ved alle de forskellige behandlinger men med vekslende hyppighed. Revling (*Empetrum nigrum*) forekommer også hyppigt og er primært til stede i områder med og uden græsning, der har været slået. Engelsk visse (*Genista anglica*) findes spredt især på Præstbjerg. Blåbær (*Vaccinium myrtillus*) findes især på nordvendte skrænter i det kvæggræssede område. Der er enkelte forekomster af klokkeling (*Erica tetralix*) på de fåregræssede og kvæggræssede arealer, der ligesom for blåbærs vedkommende er betinget af større fugtighed. Mosebølle (*Vaccinium uliginosum*) forekommer spredt hist og her. Der er størst hyppighed af dværgbuske i det kvæggræssede/slåede område og større hyppighed i det hele taget hvor slåning indgår i forhold til afbrænding (Figur 10). Dværgbuskene har en relativ langsom vækst og specielt tyttebær er sammen med hedelyng under fortsat spredning på de afbrændte områder.

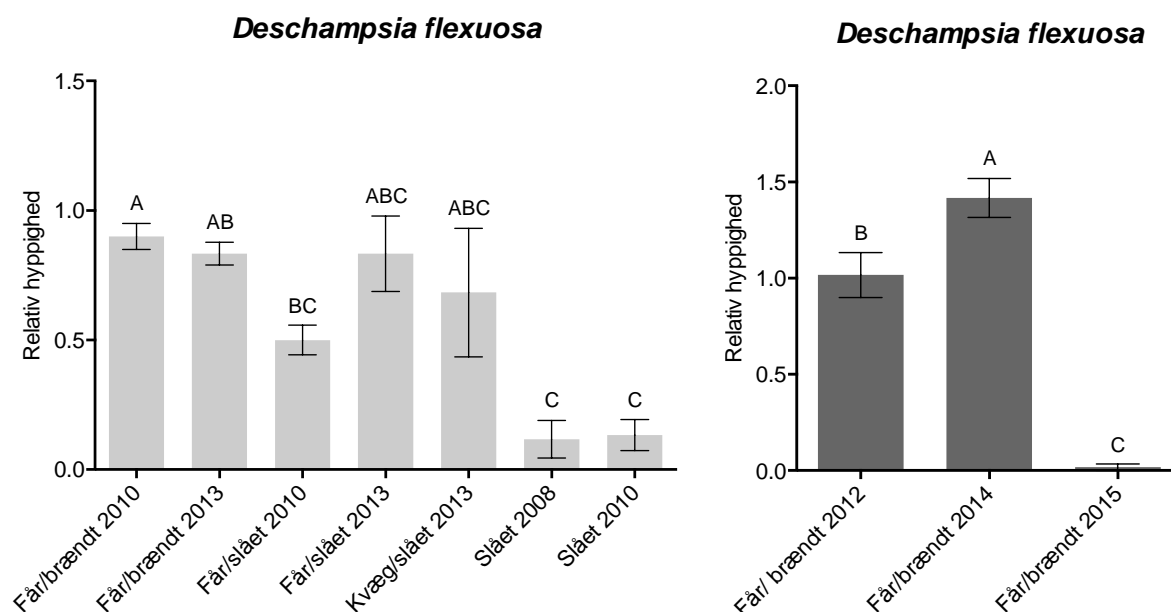


Figur 10. Relativ hyppighed af andre dværgbuske end hedelyng. Forskellige bogstaver over søjlerne viser at værdierne er signifikant forskellige ($P < 0,05$).



Tyttebær forekommer med stor hyppighed ved alle behandlinger. Den fremmes af afbrænding (Johnson 2014) og forventes ligesom hedelyng at tiltage i hyppighed på de fåregræssede/afbrændte områder.

Bølget bunke



Figur 11. Relativ hyppighed af bølget bunke (*Deschampsia flexuosa*). Forskellige bogstaver over søjlerne viser at værdierne er signifikant forskellige ($P < 0,05$).

Bølget bunke er relativ lyskrævende og fremmes af græsning (Figur 11). Græsset er til stede i form af mange fine blade blandt de øvrige planter, men den danner ikke tuer og kun få større sammenhængende bevoksninger. Hyppigheden er væsentlig større ved behandlinger med græsning i kombination med afbrænding og slåning end i ugræsset kontrol, hvor lyngen overskygger den i takt med at lyngbuskene bliver større og mere tætte.

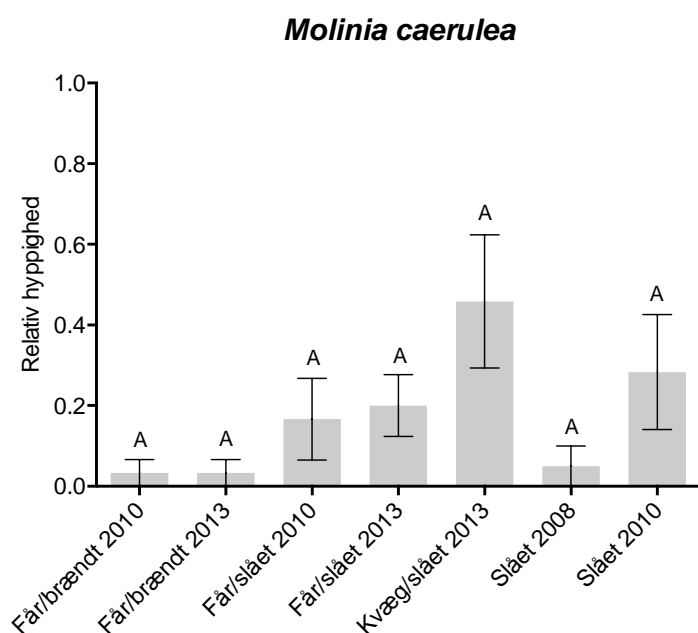


Bølget bunke og andre græsser, bortset fra blåtop, har generelt en stor udbredelse i de græssede områder med specielt stor tæthed på en del af det kvæggræssede i en bræmme, der grænser op til kornmark.

Blåtop

Blåtop er til stede på Trehøje ved alle behandlinger med den største hyppighed ved kvæggræsning og på ugræsset kontrol, slået 2010, mens den kun er lidt til stede på de brændt i 2010 og 2013 og slet ikke forekommer på forsøgsparcellerne ved Præstbjerg (Figur 12).

Blåtop er særligt udbredt i fugtige lavninger med klokkeløng, men findes også som spredte bevoksninger på den tørre hede. Fårene græsser hårdt på blåtop og er med til at begrænse dens vækst. Næringsindholdet i blåtop er større end i hedeløng (Figur 7). Det falder om efteråret, hvor næringsstofferne trækkes tilbage i rødderne.

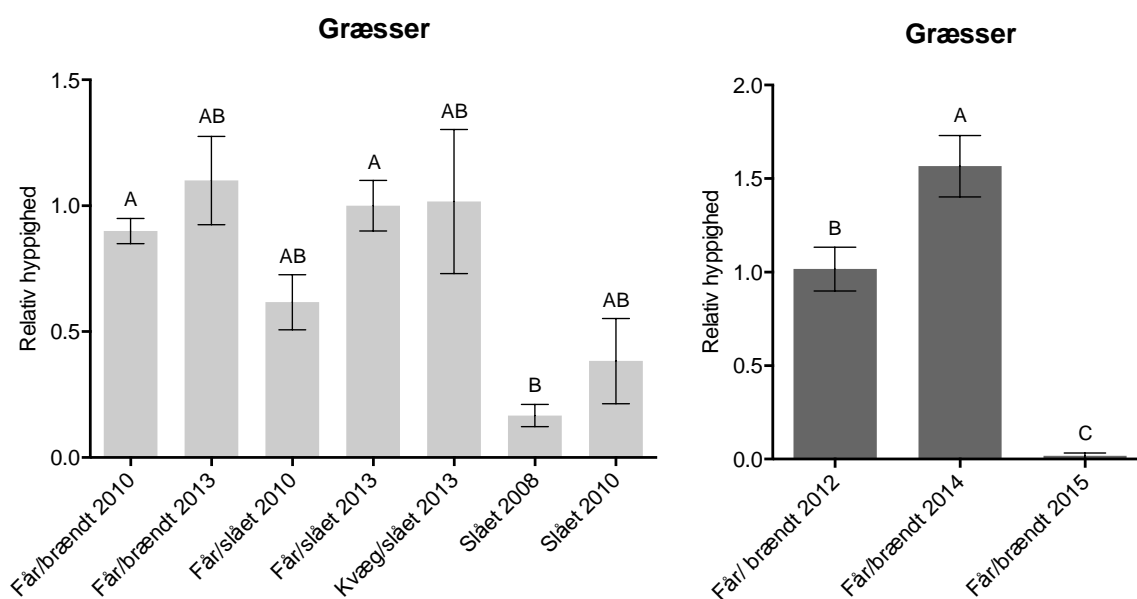


Fårene styres til at grasse blåtop gennem hele sæsonen og begrænser dermed dens vækst

Figur 12. Relativ hyppighed af blåtop (*Molinia caerulea*) på forsøgsarealerne på Trehøje. Der var ingen blåtop på forsøgsarealerne ved Præstbjerg. Forskellige bogstaver over søjlerne viser at værdierne er signifikant forskellige ($P < 0,05$).

Græsser

I figur 13 er der vist den samlede hyppighed af græsser. Ud over bølget bunke og blåtop forekommer alm. hvene (*Agrostis capillaris*), rød-svingel (*Festuca rubra*) og sand-hvene (*A. vinealis*) spredt på de græssede arealer, mens en række andre græsarter som vellugtende gulaks (*Anthoxanthum odoratum*), tandbælg (*Danthonia decumbens*), fløjlsgræs (*Holcus lanatus*) og tidlig dværgbunke (*Aira praecox*) optræder mere sporadisk. Der er en generel tendens til en øget hyppighed af græsser ved de behandlinger, hvor græsning indgår.



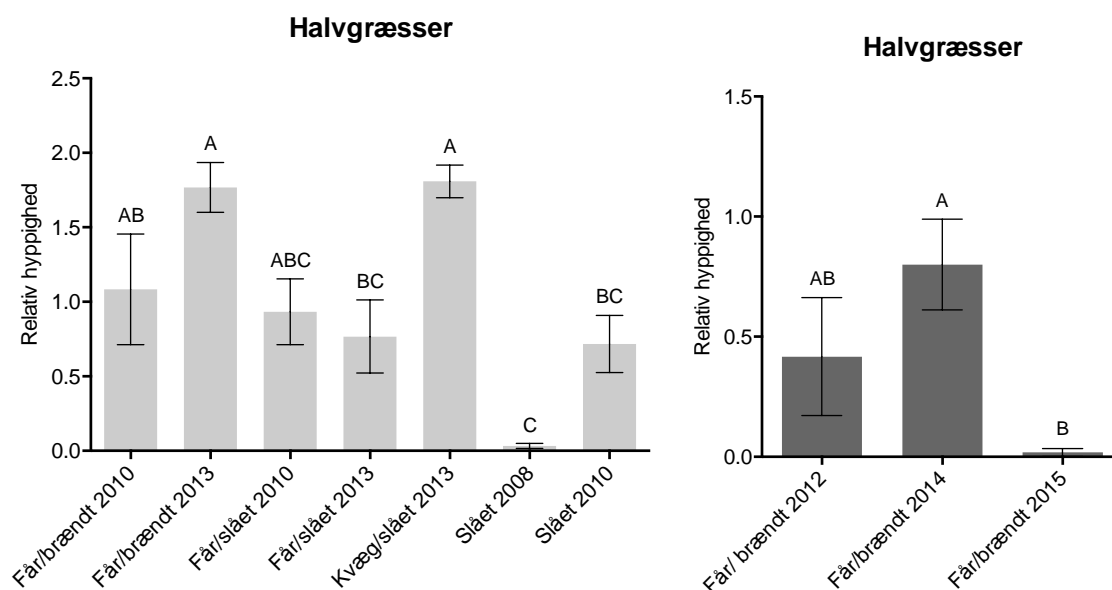
Figur 13. Relativ hyppighed af græsser. Forskellige bogstaver over søjlerne viser at værdierne er signifikant forskellige ($P < 0,05$).

Halvgræsser

Pille-star (*Carex pilulifera*) er den hyppigst forekommende halvgræs. Den optræder som pionerart, er ret lyskrævende, og den etablerer sig især efter afbrænding og under græsning. Den ædes meget gerne af kvæg, får og hjorte, men tåler en del bid. Pille-star og de øvrige halvgræsser forekommer hyppigst på det kvæggræssede areal og på får/brændt 2013, mens de stort set ikke forekommer på ugræsset kontrol 2008 (Figur 14). De øvrige arter af halvgræsser er hirse-star (*C. panicea*), alm. star (*C. nigra*) og sand-star (*C. arenaria*) samt vestlig tuekogleaks (*Trichophorum cespitosum*) og sivarterne mark-frytle (*Luzula campestris*) og mangeblomstret frytle (*L. multiflora*).

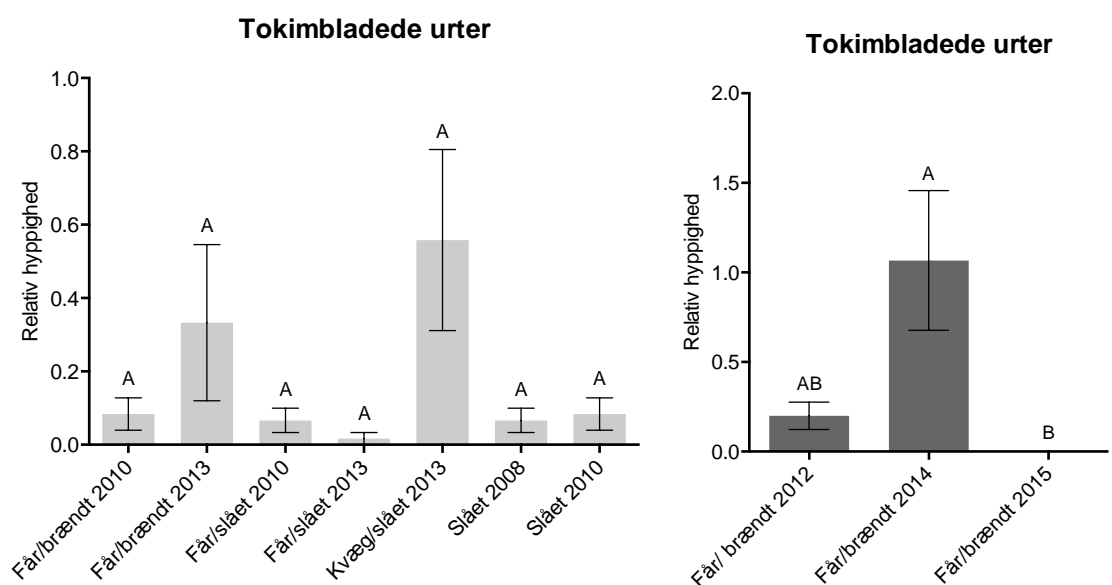


Hirse-star forekommer især på det kvæggræssede samt på det fåregræssede område, brændt i 2013.



Figur 14. Relativ hyppighed af halvgræsser. Forskellige bogstaver over søjlerne viser at værdierne er signifikant forskellige ($P < 0,05$).

Tokimbladede urter



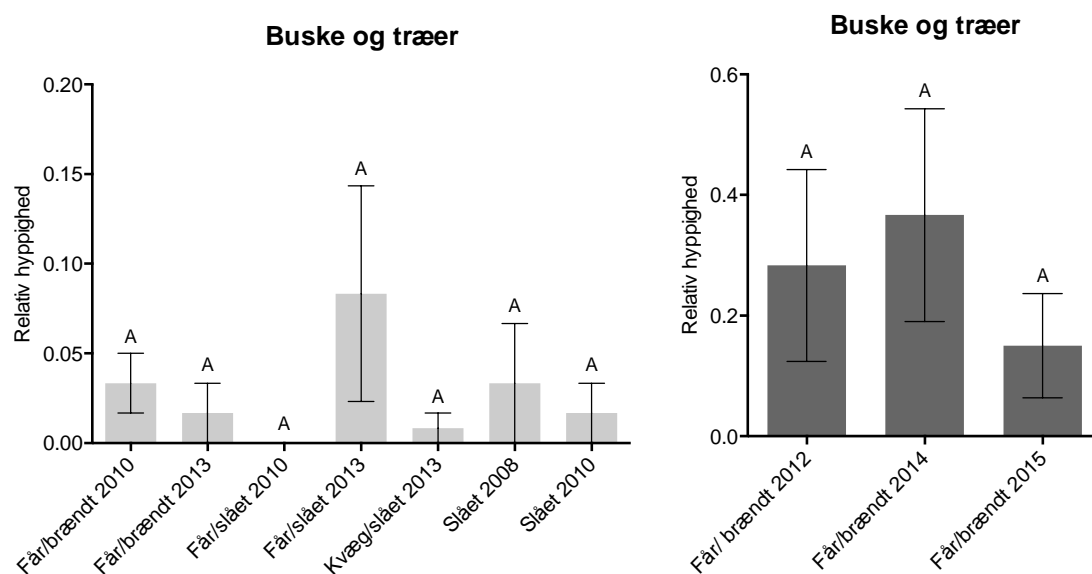
Figur 15. Relativ hyppighed af tokimbladede urter. Forskellige bogstaver over søjlerne viser at værdierne er signifikant forskellige ($P < 0,05$).

Hyppigheden af tokimbladede urter er højest på brændt 2014 på Præstbjerg (Figur 15), hvilket formentlig bl.a. skyldes den højere pH værdi i en kort periode efter afbrænding (Figur 2). På Trehøje er der en tendens til større hyppighed ved kvæggræsning og ved fårgræsning brændt 2013. De hyppigst forekomne arter er lyng-snerre (*Galium saxatile*), håret høgeurt (*Hieracium pilosella*),

alm. hønsetarm (*Cerastium fontanum*), alm. kongepen (*Hypochoeris radicata*), skovstjerne (*Trifolium europaeae*) samt Tormentil (*Potentilla erecta*) der er særlig hyppig på det kvæggræssede areal. Bortset fra skovstjerne er de tokimbladede urter lyskrævende, og deres hyppighed varierer ligesom de øvrige lyskrævende arter med successionsforløbet i lyngen. De er hyppige i de tidlige pioner og vækststadier, aftager – eller forsvinder helt – i det modne stadier og kan vende tilbage i degenerationsstadiet.

Træer og buske

Hyppigheden af træer og buske er generelt meget lav på Trehøje, dog er der en del kimplanter af lærk (*Larix* sp.) på Præstbjerg især på brændt 2014 (Figur 16), der er spredt til de afbrændte arealer fra en tilgrænsende lærkeplantning. Der forekommer ligeledes en del Gyvel (*Cytiscus scorarius*) på Præstbjerg samt på det kvæggræssede område, mens fåregræsningen på Trehøje har hindret indvandring af gyvel fra bevoksningen udenfor fårehegnet. De øvrige træer er fordelt på enkelte eksemplarer af krybende pil (*Salix repens*), øret pil (*Salix aurita*), eg (*Quercus robur*) og bævreasp (*Populus tremula*) samt rødgran (*Picea abies*).



Figur 16. Relativ hyppighed af buske og træer. Forskellige bogstaver over søjlerne viser at værdierne er signifikant forskellige ($P < 0,05$).

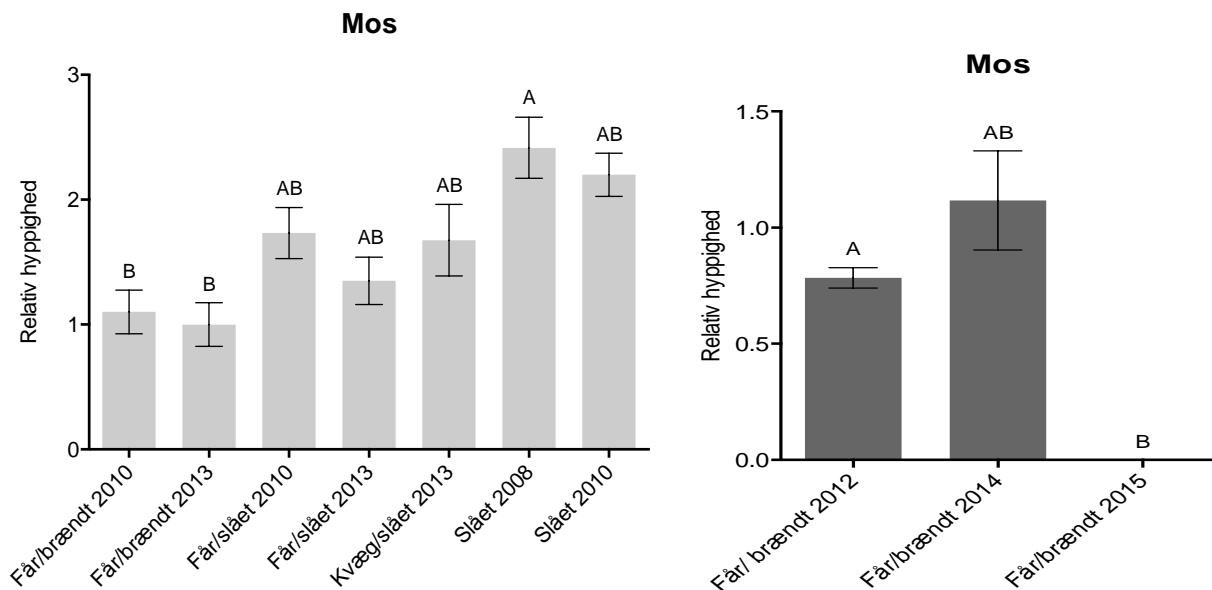
Mosser

Hyppigheden af mos er højest på ugræsset kontrol 2008 og 2010 og lavest ved kombinationen af får og brand (Figur 17). Der blev registreret 12 mosarter, hvoraf alm. cypresmos (*Hypnum cypressiforme*) og kost-kløvtand (*Dicranum scoparium*) forekommer med størst hyppighed. Den invasive mos, stjerne-bredribbe (*Campylopus introflexus*), forekommer ligeledes hyppigt.



Den invasive mos, stjerne-bredribbe (*Campylopus introflexus*), findes på Trehøje på alle forsøgsområderne undtagen får/brændt 2013 og kontrol/slået 2008. På Præstbjerg findes den på de to af de afbrændte områder fra 2012 og 2014, men i begrænset omfang.

Den har stor spredningsevne og har bredt sig til mange af de danske heder, hvor den stedvis fortrænger andre arter af mosser og laver og hæmmer regeneration af hedelyng. Den spredes typisk til heder, hvor plantedækket er brudt af vind, tråd eller brand (Vestergaard m.fl. 2008).



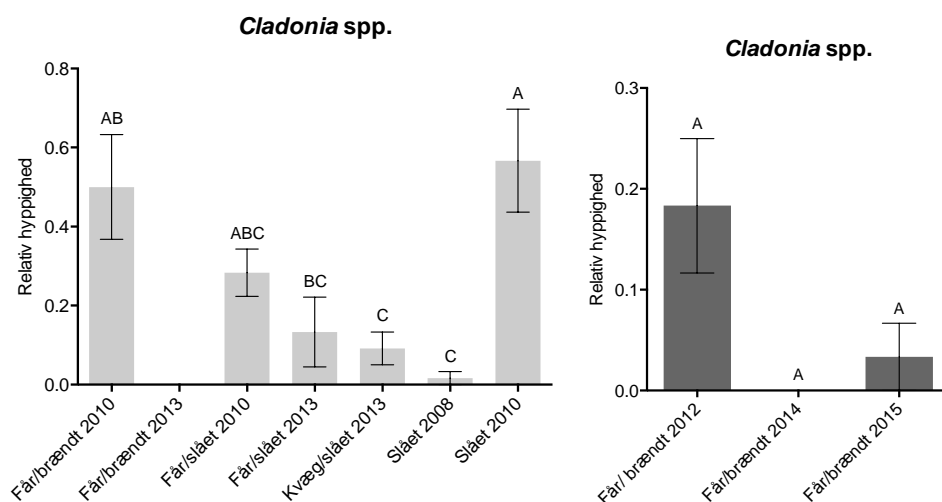
Figur 17. Relativ hyppighed af mos. Forskellige bogstaver over søjlerne viser at værdierne er signifikant forskellige ($P < 0,05$).

Mosserne kan sammen med laver bidrage væsentligt til den samlede diversitet på heder. Deres udbredelse påvirkes af ændringer i mikroklima og lysforhold f.eks. forårsaget af naturpleje, men de er også selv årsag til ændringer i mikroklima og lystilgang til jordoverfladen, hvilket har betydning for frøspiring og vegetativ foryngelse af lyngen (Gimingham og Scandrett 1989). Moslaget skaber f.eks. et fugtigt mikroklima, der giver nedliggende lynggrene mulighed for at slå rod og etablere en ny plante.

Laver

Hypigheden af laver er lav og uden et tydeligt mønster i forhold til de forskellige behandlinger. Ugræsset kontrol fra 2010 har den største hyppighed, mens ugræsset kontrol fra 2008 har en meget lav hyppighed (Figur 18). Der blev kun registreret 3 arter i alt. De jordboende laver er generelt på tilbagegang på hederne. De er negativt påvirket af eutrofieringen. De har behov for lysåbne

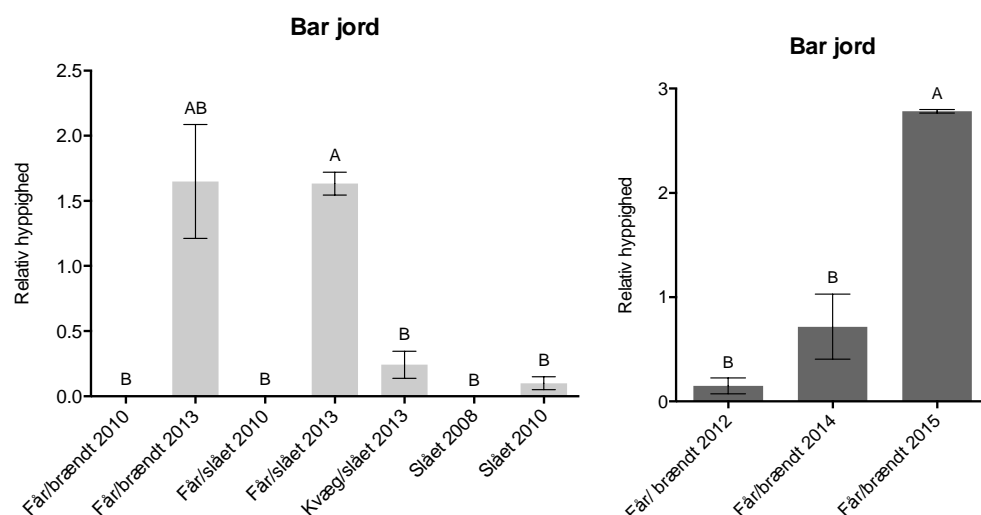
voksesteder og forsvinder, når plantedække bliver for tæt. De er afhængige af naturpleje, men er længe om at etablere sig (Ejrnæs og Poulsen 2001).



Figur 18. Relativ hyppighed af laver. Forskellige bogstaver over søjlerne viser at værdierne er signifikant forskellige ($P < 0,05$).

Bar jord

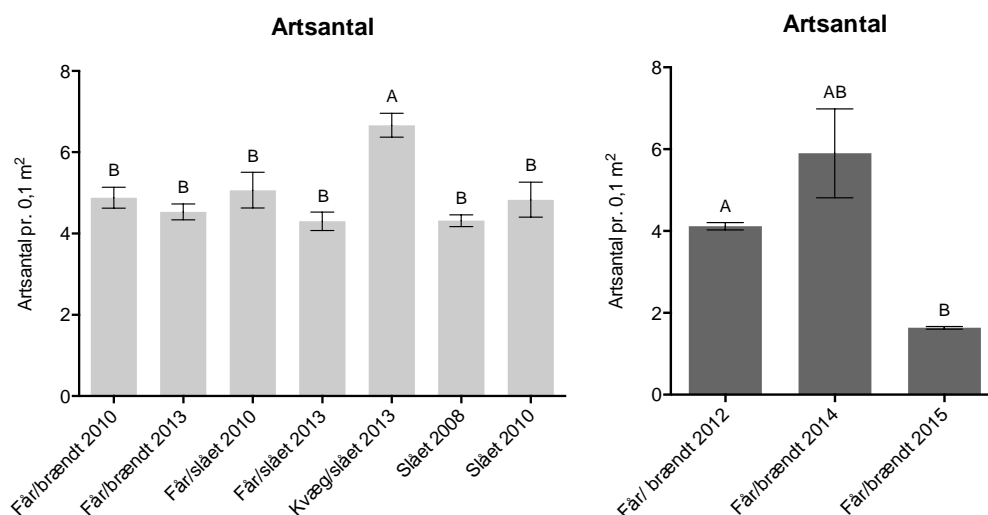
I forbindelse med registrering af vegetationen er der foretaget en registrering af hyppigheden af bar jord i de enkelte Raunkjær cirkler (Figur 19). Bar jord er en forudsætning for at hedelyng og andre af hedens karakteristiske arter har gode spirebetingelser. Hyppigheden af bar jord er størst ved de senest foretagne behandlinger, mens der ikke længere er bar jord ved de tidligere foretagne behandlinger får/brændt 2020 og får/slået 2010 samt i ugræsset kontrol fra 2008.



Figur 19. Relativ hyppighed af bar jord. Forskellige bogstaver over søjlerne viser at værdierne er signifikant forskellige ($P < 0,05$).

Artsantal

Der er et signifikant større antal forskellige arter per 0,1m² på det kvæggræssede område i forhold til de øvrige behandlinger på Trehøje (Figur 20), men en del af arterne er kun repræsenteret ved en eller få individer.



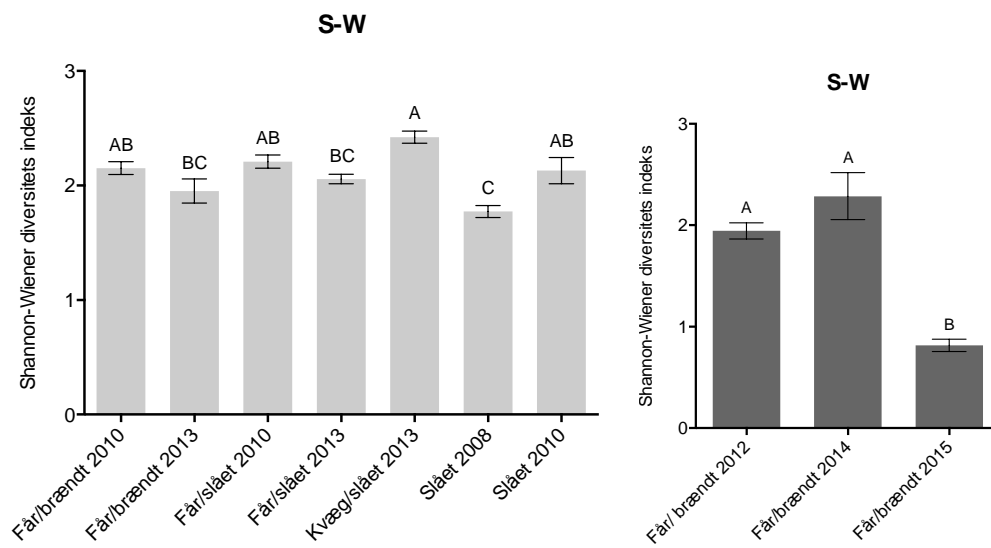
Figur 20. Det gennemsnitlige antal arter pr 0,1m². Forskellige bogstaver over søjlerne viser at værdierne er signifikant forskellige (P<0,05).

Shannon-Wiener diversitets indeks

Beregning af diversitets indeks viser kun få signifikante forskelle mellem de forskellige behandlinger med en tendens til lavere diversitet i de senest foretagne behandlinger på Trehøje og Præstbjerg samt i den ældste af ugræsset kontrol fra 2008 (Figur 21).

Diversitet beskriver sandsynligheden for at to tilfældigt udtrukne individer fra en vegetation er samme art. Jo større sandsynlig for at de to individer ikke tilhører samme art, des højere diversitet. Her er artsantallet selvfølgelig afgørende, men lige så afgørende er fordelingen af arterne. Er en af arterne superdominant, så er der stor sandsynlighed for at de to individer tilhører denne art. Shannon-Wiener beskriver disse to forhold, artsantal og fordeling, i et samlet tal.

Plantevæksten er generel ret ensartet på de behandlede områder, således som det også fremgår af artstæthed og diversitets indekset. Der findes en del andre plantearter langs stier og hegn og andre steder, hvor der er en randzone mellem forskellige behandlinger mv. Det er f.eks. arter, der kræver lidt mindre sur bund som djævelsbid (*Succia pratensis*) og guldblomme (*Arnica montana*), eller som er lyskrævende men følsomme overfor forstyrrelser.



Figur 21. Shannon-Wiener diversitets indeks baseret på antal arter og deres indbyrdes forekomst. Forskellige bogstaver over søjlerne viser at værdierne er signifikant forskellige ($P < 0,05$).



Guldblomme er en af de arter, der findes i randzonen af de fåregræssede arealer.

Diskussion

Jordbundsundersøgelserne viser, at der er forskel på jordbundsforholdene på Trehøje og Præstbjerg med en væsentlig bedre bevaringstilstand på Præstbjerg end på Trehøje vurderet ud fra pH og C:N forhold. Forskellene kan være betinget af forskelle i jordbundstyper, men driftspåvirkninger og evt. forskelle i tilførsel af næringsstoffer fra omgivelserne kan også spille ind.

Afbrænding på Præstbjerg resulterer i en hurtig regeneration af lyng, og den omkringliggende hede er i det hele taget domineret af hedelyng i god tilstand, som afspejler den bedre bevaringstilstand.

Den forskel, der er imellem brændt 2014 i forhold til brændt 2012 og 2015 i pH værdi samt i artstæthed, skyldes formentlig, at brændt 2014 ligger nedenfor en skrænt med mere næringsrig bund.

Ved nogle af de målte jordbundsfaktorer varierer effekten i højere grad med tidspunktet for behandlingen end med behandlingsmåden. Der er således ikke entydige, signifikante forskelle på effekten af de forskellige behandlinger. Der er flere forskellige forhold som driftshistorie, kvælstofdeposition, aktuelle klimaforhold og plantedække mv. der sammen med naturplejen har betydning for processerne i jordbunden og som kan sløre forskelle i effekten af den nuværende naturpleje. Bevaringstilstanden på Trehøje er generelt ugunstig vurderet ud fra jordbundsparametre. pH er meget lav og ligger betydeligt under grænsen for gunstig bevaringstilstand på 3,5, og C:N forholdet ligger ligeledes under grænsen for en gunstig tilstand. De lave pH værdier og C:N forhold tyder på, at der er en rimelig stor tilførsel af næringsstoffer til heden ved Trehøje. Der synes bl.a. at være en tydelig påvirkning af næringsstoffer på den vestlige afgrænsning af det kvæggræsedede område, der grænser op til dyrket mark, med en bred bræmme domineret af græs langs hegnet. Spørgsmålet er om den tidligere udførte pleje ligeledes har været med til at forsure jorden. Oplysninger fra Herning Kommune kombineret med analyse af luftfotos viser, at der gentagne gange er udført omfattende indgreb med slåning og/eller jordbearbejdning på større dele af heden i perioden fra 1995 til de nuværende forsøg med hyrdede får i kombination med slåning og afbrænding blev etableret i 2014. Herning Kommune og det tidligere Ringkøbing Amt har foretaget forskellige former for pleje for at bekæmpe trætilgroning og blåtop ved hjælp af slåning med høst af lyngballer, gentagne fræsninger af blåtop, tørveafskrælning, stubfræsning af egeopvækst, afbrænding af små parceller og fåregræsning jf. luftfotos fra 2002, 2008 og 2010, der viser omfanget af nogle af behandlingerne. Der er givetvis en effekt af disse, der i nogen grad slører effekten af de seneste behandlinger.



Trehøje 2002



Trehøje 2008



Trehøje 2010

Større dele af den fåregræssede hede har i perioder ligget hen uden et tæt plantedække som følge af de forskellige plejeindgreb, således som det fremgår af ovenstående luftfotos. Niemeyer m.fl. (2005) og Mohamed m.fl. (2007) anslår, at udvaskning af kvælstof øges efter plejeindgreb, der reducerer plantedækket, Härdtle m.fl. (2006) fandt en stærkt øget udvaskning af kvælstof og kationer K, Ca og Mg efter afbrænding. I en undersøgelse af langtidseffekten af kvæggræsning på Mols (Pedersen m.fl. 2001), blev der fjernet mere kvælstof fra heden gennem udvaskning end direkte gennem græsningen. Udviklingen af et sluttet plantedække går langsomt på de områder, der hhv. er brændt og slået i 2013. Her er der stadig stor hyppighed af bar jord godt 2 år efter behandlingen, hvilket formentlig afspejler en udpining af jordbunden, selvom det ikke direkte kan aflæses i jordbunds-analyserne.

pH er en af de vigtigste faktorer for hedevegetationens sammensætning, fordeling og udvikling, da både tilgængeligheden af næringsstoffer, jordbundsstrukturen, nedbrydningsprocesser mv. er styret af pH. pH er lavest i kontrolområderne slået 2008 og slået 2010 i forhold til fåregræsning med hhv. afbrænding og slåning (Figur 2 og 3). Der er således ikke tegn på, at græsning med slåning og afbrænding – i kombination med de tidligere plejeindgreb - har haft en forsurende effekt på jordbunden. Efter afbrænding forventes et øget pH som følge af påvirkning fra asken, der er basisk. Denne forøgelse af pH ses dog hverken i jorden på Trehøje eller Præstbjerg. Det skyldes formentlig at pH ændringerne ofte er kortvarige (Schmidt, 2015), samt at de lokale variationer slører ændringerne, og at de derfor kun er målbare, hvis der havde været lavet en pH måling umiddelbart før afbrændingen.

De målte C:N forhold på Præstbjerg og Trehøje er lave i forhold til den værdi på 30, der indikerer en gunstig bevaringstilstand og der er ingen signifikante forskelle mellem behandlingerne (Figur 4 og 5). På Præstbjerg skyldes det lave C:N forhold et meget lavt indhold af C, specielt brændt 2012 og 2014 (Tabel 5 og Figur 7). Det kan skyldes, at afbrændingerne er sket ved høje temperaturer. Foryngelsen af hedelyng er primært sket ved frøspiring på brændt 2012 og 2014, mens der er en del vegetativ foryngelse på brændt 2015, hvilket kan antyde en højere temperatur ved de to første afbrændinger.

Der er ikke signifikante forskelle mellem effekten af slåning og afbrænding i C:N forhold på Trehøje og de forskelle, der findes i morlaget, afspejles ligeledes i mineraljorden. Der er dog nok

fjernet mere kulstof og kvælstof ved afbrænding (tabel 5) end ved slåning, men med samme C:N forhold. Det samme resultat viste undersøgelser fra Lüneburger Heide (Härdtle m.fl., 2006). Heller ikke her var der opnået nogen forskel i morlagets C:N forhold året efter hhv. afbrænding og slåning.

N:P forholdet er signifikant lavest i det senest brændte område på Trehøje i forhold til de øvrige behandlinger og er ligeledes lavt ved de tre afbrændinger på Præstbjerg (Figur 6). Forholdet mellem kvælstof og fosfor har stor betydning for om jordbundsprocesserne er afbalancerede, men der er ikke angivet en værdi, der ligesom for C:N forhold indikerer en gunstig tilstand. Der er undersøgelser, der viser, at en langvarig høj kvælstofdeposition ændrer tilstanden fra kvælstof begrænsning til kvælstof og fosfor begrænsning eller endog til fosfor begrænsning i forskellige økosystemer (von Oheimb m.fl. 2010).

Güsewell (2004) foreslog, at biomasse produktion er kvælstof begrænset ved N:P forhold i løvet lavere end 10 og fosfor begrænset ved N:P forhold større end 20. Biomasse N:P forhold afspejler den relative tilgængelighed af kvælstof og fosfor, men en faktor 10 variation i N:P pulje resulterer kun i en faktor 2 til 3 variation i biomasse N:P forhold (Güsewell og Koerselman 2002). Grænsen mellem kvælstof og fosforbegrænsning afhænger af hvilke plantearter, der er tale om, men der kan være andre forhold, herunder om der er tale om en kortvarig tilførsel af næringsstoffer, der ændrer N:P forholdet, eller det er en mere konstant tilstand (Güsewell 2004). Plejetilstanden kan ligeledes have betydning for, om tilførsel af kvælstof og/eller fosfor ændrer planternes vækst (Barker m.fl. 2004). De målte værdier, der ligger lidt over de 20 (Figur 8), er ikke et tilstrækkeligt grundlag til at afgøre om vegetationen er kvælstof- eller fosforbegrænset. Indholdet af kvælstof i skudspidserne af hedelyng ligger for de seneste behandlinger på Trehøje hhv. brændt 2013 og slået 2013 tæt på og lidt over 1,4 %, der anvendes som grænse for gunstig tilstand (Nygaard m.fl. 2014), mens de øvrige behandlinger ligger under denne grænse (Figur 8). Indholdet af kvælstof i blåtop ligger alle over 1,4 %. Undersøgelsen viser ligeledes et højere fosfor indhold pr. gram biomasse i blåtop end i hedelyng (figur 8), men samlet set er N:P-forholdet i blåtop alligevel højere, end det er i hedelyng. Dermed vil græsning med hyrde, hvor dyrene styres til at græsse på blåtop, potentielt kunne fjerne mere kvælstof og mindre fosfor pr. gram biomasse sammenlignet med hvis dyrene græsser på hedelyng. Indholdet af kvælstof i hedelyng såvel som i blåtop varierer med årstiden og med alderen. El-Kahloun m.fl. (2000) fandt således et N:P forhold i unge skud af blåtop i april på 9,2-9,7, mens det i gamle skud i september blev målt til 21-36. I hedelyng er der tilsvarende et dyk i N:P forholdet i

august-september måned, men derudover varierer indholdet af næringsstoffer i høj grad med alderen på lyngen (Buttenschøn og Buttenschøn 1982, Buttenschøn 2007).

Hedevegetationens plejebehov på Trehøje

Den ugunstige bevaringstilstand på Trehøje, som indikeres af indholdet af næringsstoffer i jordbund og skudspidser af lyng og blåtop, afspejles i de generelle udviklingstendenser på heden, der betyder, at der er behov for en vedvarende pleje for at vedligeholde heden.



Kontrol slået 2008 er domineret af en tæt bevoksning af hedelyng, der er i den modne fase. Der er en indvandring af fyr og andre træarter, der vil tage til i hastighed i takt med at dele af hedelyngen når det degenerative stadie.



Kontrol slået 2010 er angrebet af bladbille angreb i 2015, der formentlig vil få store dele af hedelyngen til at dø ud. Der er etableret en del blåtop, der vil brede sig i takt med at hedelyngen bliver mere åben (Figur 12). Tilgroning med blåtop vil ændre kvælstof regnskabet, og hæmme reetablering af hedelyng og andre dværgbuske.



Der er stadig en del blåtop på fåregræsset/slået 2013 (Figur 12), som vil brede sig hvis fåregræsningen ikke vedvarende holder den nede.

De omfattende slåninger og jordbearbejdning, der har været foretaget tidligere på heden, har primært været for at bekæmpe blåtop.

Effekt af behandlingerne på vegetationen

Alle behandlinger har resulteret i en regeneration af lyng som dominerende art. På de senest behandlede flader (Figur 9) er lyngplanterne stadig små og under udvikling. Afbrænding og slåning er velegnede metoder til regeneration af lyng forudsat, at lyngen er i god stand på behandlings-tidspunktet. Vurderet ud fra den aktuelle situation synes lyngregenerationen at være lykkedes bedre end, man kunne forvente. En del undersøgelser bl.a. af Davies m.fl. (2010) fastslår, at lyngbuskene skal være maks. 30 cm. høje for at afbrænding resulterer i en sikker lyngregeneration. Tucker (2003) anfører dog, at afbrænding giver en bedre regeneration af lyng i den degenerative fase end slåning. Bakker og van Diggelen (2006) skriver, at afbrænding af heder tilgroet med græs blev opgivet i Holland for 20 år siden, fordi hederne hurtigt groede til med græs igen. Afbrænding angives generelt af fremme tyttebær (Johnson 2014), men der er en begrænset forekomst af tyttebær efter afbrændingen i 2010 og 2013 (Figur 10). Hobbs og Gimminham (1984) fandt at lyngens alder og dermed dens evne til at regenerere efter afbrænding har betydning for forekomsten af tyttebær, jo tættere lyngdække, der udvikler sig efter afbrænding, jo færre tyttebær.

Bølget bunke forekommer ved alle behandlinger med den største forekomst på de fåre- og kvæggræssede områder (Figur 11). Bølget bunke spirer hurtigt frem, efter der er skabt lysåbne forhold gennem afbrænding eller slåning. Den aftager igen i takt med at lyngen danner tætte bevoksninger. Det er i høj grad fordelingen af bølget bunke og dværgbuske inden plejeindgrebet, der bestemmer om det er græsset eller dværgbuskene, der kommer til at dominere plantevæksten jf. Bakker og van Diggelen (2006). Selvom både får og kvæg foretrækker bølget bunke frem for lyng, fremmes bølget bunke generelt af græsning.

Blåtop har en anden fordeling end bølget bunke og de øvrige græsser med størst hyppighed i det kvæggræssede område (Figur 12). Der er en klar tendens til at fåregræsning og afbrænding er mere effektiv til at begrænse blåtop end kvæggræsningen i kombination med slåning, dog med forbehold for hvor udbredt blåtop var inden behandlingerne. Kortvarige forsøg på Randbøl hede med en afbrænding af blåtopdomineret tør hede efterfulgt af kvæggræsning gav ingen reduktion af blåtop (Buttenschøn m.fl. 2005). Critchley m.fl. (2008) fandt, at samgræsning med kvæg og får gav en effektiv reduktion af blåtop, mens får alene resulterede i en øgning af forekomsten. Den større effekt på blåtop på Trehøje skyldes den styrede græsning, hvor fårene i perioder holdes på arealerne med blåtop.

Mosser og laver kan udgøre en stor andel af hedernes samlede diversitet, men de er relativt beskedent til stede på Præstbjerg og Trehøje med størst forekomst på de ældste behandlinger (Figur 17 of 18). Græsning ved moderat græsningstryk fremmer generelt artsdiversitet og hyppighed af mosser og laver (Buttenschøn 2007, Buttenschøn og Buttenschøn 2015). De begrænsede forekomster hænger sammen med de mange plejeindgreb på Trehøje, og de få år, der er gået siden sidste indgreb.

Plantediversiteten er højest ved kvæggræsset og fåregræsset, brændt 2010 samt slået 2010 (Figur 21). Diversiteten er lavest på kontrol, slået 2008, hvor hedelyng er mest dominant. Dette er i overensstemmelse med Gimingham (1985), der beskriver diversiteten i forhold lyngens forskellige faser med størst diversitet i pionerfasen. Diversiteten aftager i den efterfølgende vækst- og modenhedsfase for så igen at tiltage i takt med at lyngbuskene bliver mere åbne og tillader mere lysgennemfald til jorden i degenerationsfasen.

Konklusion

På baggrund af litteraturstudier og feltforsøg er vores konklusion, at en kombination af målrettet græsning og rotationsafbrænding teoretisk set er den bedste metode til at kompensere for kvælstofdepositionen og vedligeholde en næringsfattige, sur hedejord i en stabil næringsstofbalance. Den kombinerede pleje skaber grundlag for en robust vækst af hedelyng og andre arter, tilpasset det sure, næringsfattige miljø. Rotationsafbrænding forynger hedelyngen og resulterer i en mosaik af forskellige successionsstadier. Græsning forlænger lyngens successionsforløb, øger den struktur- og artsmæssige diversitet og hæmmer tilgroningen med træer og buske.

Afbrænding er med til dels at vedligeholde en afbalanceret næringsstofpulje ved at fjerne forholdsvis mere kvælstof end fosfor og kationer og dermed bibeholde jordens bufferkapacitet, og dels at skabe en hurtig og effektiv foryngelse af lyngheden. Ved at anvende mosaikafbrænding med afbrænding af små arealer, øges den struktur- og artsmæssige diversitet. Det giver færre skader på plante- og dyreliv og betyder samtidigt, at skaden begrænses, hvis lyngforyngelsen mislykkes et enkelt år f.eks. som følge af udtørring af nyspirede planter. Hvor ofte det enkelte areal har behov for at blive brændt, afhænger af tilstanden på den enkelte lokalitet. Den generelle anbefaling er 12-15 år, men ved kombination med fåregræsning vil der ske en løbende foryngelse af vegetationen, der, afhængigt af graden af eutrofiering, kan udskyde behovet for afbrænding. En længere pause mellem afbrændingerne kan være til gavn for biodiversiteten. Afbrænding alene kan ikke kompensere for den luftbårne kvælstofdisposition.

For at opnå en tilstrækkelig fjernelse af næringsstoffer gennem græsningen er det nødvendigt, at dyrene kun opholder sig på heden, mens de søger føde, ligesom praksis var i det traditionelle hedebrug, hvor dyrenes ekskrementer udgjorde en værdifuld ressource. Man kan sikre en flytning af næringsstoffer væk fra heden ved at inddrage en attraktivt hvile- og soveplads for dyrene udenfor heden. Det er bl.a. beskrevet i en undersøgelse fra Holland med sommergræsning med kvæg på en hede, hvor der også indgik en mindre fyrreskov. Dyrene græssede på heden og brugte skoven som hvileplads, hvilket betød en fjernelse af næringsstoffer fra heden i størrelsesorden 8 kg N ha^{-1} per år (Bokdam & Gleichman 2000).

En mere målrettet græsning og større flytning af næringsstoffer fra heden kan opnås ved hyrdet fåregræsning. I undersøgelsen fra Lüneburg Heide blev der fjernet 25,6 kg N ha⁻¹ per år (Härdtle m.fl. 2006 og 2009). Fårene udvælger sig de mest næringsrige dele af plantevæksten og kan derfor fjerne flere næringsstoffer per kg dyr end kvæg og heste kan. De vælger f.eks. selv – eller kan styres til – at græsse en større andel af bølget bunke eller blåtop, der begge har et højere næringsindhold end hedelyng, og kan således fjerne biomasse med et højere N:P forhold.

Næringsindholdet i skudspidser af hedelyng anvendes som indikator for kvælstoftilførsel, men næringsindholdet påvirkes også af hvilken plejemetode, der anvendes. Fem år efter afbrænding indeholdt skudspidserne således et signifikant højere indhold af kvælstof og fosfor end skudspidser fra de forsøgsområder, der var græsset, slået eller tørveskrællet (Härdtle m.fl. 2009). Græsningen vil derfor fjerne flere næringsstoffer når græsning kombineres med afbrænding.

Græsning angives generelt at udvikle en mere artsrig vegetation end de øvrige plejemetoder (Lake m.fl. 2001), men sommer- og helårsgræsning med får kan resultere i en mere artsfattig hede end ved græsning med kvæg eller heste (Bakker m.fl., Gardner m.fl. 1997). Ved hyrdet fåregræsning og græsning, hvor dyrene flyttes til og fra, og hvor græsningen styres udenom særligt følsomme arter, kan der opnås en mere artsrig plantevækst med blomstrende urter og en mere artsrig fauna. Fårene er mere effektive end kvæg og heste til at holde løvtræer og buske, inklusive arter som rynket rose og gyvel, der er vanskelige at bekæmpe, væk fra heden (Garcia m.fl. 2013).

Kombinationen af afbrænding og fåregræsning er egnede på heder, hvor der er lyng i god stand. Af økonomiske og praktiske grunde er den kombinerede metode kun egnet på store heder.

Er heden domineret af gammel lyng, er der for lidt næring til fårene, og det kan være vanskeligt at få etableret et tilpas græsningstryk før, der er sket en foryngelse af en del af lyngen. Spørgsmålet er om metoden kan anvendes til at retablere lyng på heder, hvor lyngen er afløst af græsser? Forsøg med afbrænding og/eller ekstensiv afgræsning har haft meget lidt effekt på blåtop (Mars m.fl. 2004, Buttenschøn m.fl. 2005), men der har været tale om kortvarige forsøg. Praktiske erfaringer tyder på at blåtop kan begrænses gennem en målrettet langvarig græsning, forudsat der også indgår andre planter, der ædes af dyrene. Tilsvarende gælder for bølget bunke. Der er mange undersøgelser, der viser, at afbrænding, slåning og afgræsning vedligeholder en dominans af bølget bunke, men også

undersøgelser, der viser at en langvarig græsning kan fremme hedelyng og andre dværgbuske på bekostning af bølget bunke (Buttenschøn og Buttenschøn 2005).

Kilder

- Aerts, R. (1993). Biomass and nutrient dynamics of dominant plant species from heathlands. pp. 51-84 I: Aerts, R. and G.W. Heil (eds.), *Heathlands: Patterns and Processes in a changing Environment*, 1993 Kluwer Academic Publisher.
- Bak, J.L., Nielsen, K.E., Strandberg, M.T. (2016) Naturpleje. Notat på <http://bios.au.dk/ominstituttet/organisation/plante-oginsektoekologi/naturpleje/> set Januar 2016.
- Bakker, J.P., De Bie, S., Dallinga, J.H., Tjaden, P., De Vries, Y. (1983) Sheep-grazing as management tool for heathland conservation and regeneration in the Netherlands. *J Appl Ecol* 20:541–560
- Bakker, J.P., van Diggelen, R. (2006). Restoration of dry grasslands and heathlands, s. 95-110 I: Van Andel, J., Aronson, J. (eds) *Restoration Ecology*. Blackell Publishing.
- Barker, C.G., Power, S.A., Bell, J.N.B., & Orme, C.D.L. (2004). Effects of habitat management on heathland response to atmospheric nitrogen deposition. *Biological Conservation*, 120(1), 41-52.
- Bobbink, R., Hornung, M., & Roelofs, J.G.M. (1998). The effects of air-borne nitrogen pollutants on species diversity in natural and semi-natural European vegetation. *Journal of Ecology*, 86(5), 717-738. doi 10.1046/j.1365-2745.1998.8650717.x
- Bokdam, J., Gleichman, J. M. (2000) Effects of grazing by free-ranging cattle on vegetation dynamics in a continental north-west European heathland. *Journal of Applied Ecology* 37,415-431. [.doi.org/10.1046/j.1365-2664.2000.00507.x](https://doi.org/10.1046/j.1365-2664.2000.00507.x)
- Brunsting, A.M.H. & G.W. Heil, 1985: The role of nutrients in the interaction between a herbivorous beetle and some competing plant species in heathland. – *Oikos* 44:23-26.
- Buttenschøn, J., Buttenschøn, R.M. (1982). Grazing experiments with cattle and sheep on nutrient poor acidic grassland and heath: III Animal nutrition. *Natura Jutlandica* 21, 28-48.
- Buttenschøn, R.M. (2007) Græsning og høslæt i naturplejen. Skov og Landskab og Skov og Naturstyrelsen, Miljøministerier. http://naturstyrelsen.dk/media/nst/attachments/76645/graesningsbog_web.pdf
- Buttenschøn, R.M., Buttenschøn, J. (2015) Kvæggræsning som hedepleje. *Flora og Fauna* 121, 95-104.
- Buttenschøn, R.M., Degn, H.J. & Jørgensen, S., 2005: Forsøg med bekæmpelse af blåtop på Randbøl Hede. *Arbejdsrapport Skov & Landskab nr. 9*, 1-64. <http://WWW.SI.KU.DK>.
- Chambers, F.M., Mauquoy, D. & Todd, P.A. (1999) Recent rise to dominance of *Molinia caerulea* in environmentally sensitive areas. New perspectives from palaeoecological data. *Journal of Applied Ecology* 31, 719-733
- Chapin, F.S., Matson, P.A., & Vitousek, P.M. (2011). *Principles of Terrestrial Ecosystem Ecology* (2 ed.): Springer.
- Davies, G.M., Smith, A.A., MacDonald, A.J., Bakker, J.D., Legg, C. J. (2010). Fire intensity, fire severity and ecosystem response in heathlands: factors affecting the regeneration of *Calluna vulgaris*. *Journal of Applied Ecology* 47, 356-365. DOI: 10.1111/j.1365-2664.2010.01774.x
- De Graaf, M.C.C., Bobbink, R., Smits, N.A.C., Van Diggelen, R. & Roelofs, J.G.M. (2009). Biodiversity, vegetation gradients and key biogeochemical processes in the heathland landscape. *Biological*

Conservation, 142(10), 2191-2201. doi: 10.1016/j.biocon.2009.04.020

Degn, H.J. (2005) Lyng og græs på Randbøl Hede 2005 - de store linier. (upubl. Notat).

Ejrnæs, R., Poulsen, R.S. (2001) Trends in the bryophyte and lichen flora of Danish semi-natural grasslands over the last 50 years. *Lindbergia* 26:115-120.

El-Kahloun, M., Boeye, D., van Verhagen, V. (2000). A comparison of the nutrient status of *Molinia caerulea* and neighbouring vegetation in a rich fen. **Belgian Journal of Botany** 133, 91-102.

Ellermann, T., Bossi, R., Christensen, J., Løfstrøm, P., Monies, C., Grundahl, L., & Geels, C. (2015). Atmosfærisk deposition 2014. NOVANA Videnskabelig rapport fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 163 (pp. 88). Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi.

Fottner, S., Härdtle, W., Niemeyer, M., Niemeyer, T., Von Oheimb, G., Meyer, H., & Mockenhaupt, M. (2007). Impact of sheep grazing on nutrient budgets of dry heathlands. *Applied vegetation science*, 10(3), 391-398.

Fottner, S., Härdtle, W., Niemeyer, M., Niemeyer, T., Von Oheimb, G., Meyer, H., & Mockenhaupt, M. (2007). Impact of sheep grazing on nutrient budgets of dry heathlands. *Applied vegetation science*, 10(3), 391-398.

Garcia, R.R., Fraser, M.D., Celaya, R., Ferreira, L.M.M., Garcia, U., Orosio, K. (2013). Grazing land management and biodiversity in the Atlantic European heathlands: a review. *Agroforestry Systems* 87, 19-43. doi: 10.1007/s10457-012-9519-3.

Critchley, C.N.R., Adamson, H.F., McLean, B.M.L., Davies, O.D., 2008. Vegetation dynamics and livestock performance in system-scale studies of sheep and cattle grazing on degraded upland wet heath. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 128:59–67.

Gardner, S.M., Hartley, S.E., Davies, A., Palmer, S.C.F. (1997) Carabid communities on heather moorlands in northeast Scotland: the consequences of grazing pressure for community diversity. *Biol Conserv* 81:275–286. doi:10.1016/S0006-3207(96)00148-

Gimingham, C.H. (1992). The Lowland Heathland Management Handbook. Peterborough, UK: English Nature.

Gimingham CH, Scandrett E (1989) Experimental Investigation of Bryophyte Interactions on a Dry Heathland. *J Ecol* 77, 838-852.

Güsewell, S. (2004). N:P ratios in terrestrial plants: variation and functional significance. *New Phytologist* 164, 243-266. doi:10.1111/j.1469-8137.2004.01192.x.

Güsewell, S., Koerselman, W. (2002). Variation in nitrogen and phosphorus concentration of wetland plants. *Perspectives in Ecology, Evolution and systematics* 5, 37-61.

Hald, A.B. (2014). Rapport vedr. afbrænding og fåregræsning med vandre-hyrde. Nordisk Kulturlandskabsforbunds workshop. WWW.natlan.dk

Hansen, K. (1976). Ecological studies in Danish Heath Vegetation. *Dansk Bot. Arkiv* 31(2), 1-118.

- Härdtle, W., Niemeyer, M., Niemeyer, T., Assmann, T. & Fottner, S. (2006). Can management compensate for atmospheric nutrient deposition in heathland ecosystems? *Journal of Applied Ecology*, 43(4), 759-769. doi: 10.1111/j.1365-2664.2006.01195.x
- Härdtle, W., von Oheimb, G., Gerke, A.-K., Niemeyer, M., Niemeyer, T., Assmann, T., Meyer, H. (2009). Shifts in N and P Budgets of Heathland Ecosystems: Effects of Management and Atmospheric Inputs. *Ecosystems*, 12(2), 298-310. doi: 10.1007/s10021-008-9223-3
- Hobbs, R.J. & Gimmingham, C.H. 1984. Studies on fire in Scottish heathland communities. II. Post fire vegetation development. *Journal of Ecology*, 72, pp. 585-610.
- Johnson, S. (2014). Retention Forestry as a Conservation Measure for Boreal Forest Ground Vegetation. Doctoral Thesis Swedish University of Agricultural Sciences. SLU Repro, Uppsala 2014
- Kleijn D., Bekker R.M., Bobbink R., de Graaf M.C., Roelofs J.G.M. (2008) In search for key biogeochemical factors affecting plant species persistence in heathlands and acidic grasslands: a comparison of common and rare species. *Journal of Applied Ecology* 45: 680–687. doi: 10.1111/j.1365-2664.2007.01444.x
- Kristensen, H.L. & McCarty, G.W. (1999). Mineralization and immobilization of nitrogen in heath soil under intact Calluna, after heather beetle infestation and nitrogen fertilization. *Applied Soil Ecology*, 13(3), 187-198. doi: 10.1016/s0929-1393(99)00036-0
- Lake S., Bullock J.M, Hartley S. (2001). Impacts of livestock grazing on lowland heathland in the UK. *English Nature Research Reports, No 422*. Peterborough.
- Marrs, R.H., Phillips, J D.P., Todd, P.A., Ghorbani, J. and Le Duc, M.G. (2004). Control of *Molinia caerulea* on upland moors. *Journal of Applied Ecology*, 41: 398–411. doi: 10.1111/j.0021-8901.2004.00901.x
- Nielsen, K.E. & Bak, J.L. 2003: Tålegrænse for kvælstof for Idom Hede, Ringkøbing Amt. Danmarks Miljøundersøgelser. 50 s. - *Faglig rapport fra DMU nr. 453* <http://faglige-rapporter.dmu.dk>
- Nielsen, K.E., Nygaard, B., Bladt J., Damgaard, C., Ejrnæs R. (2015). Indikatorer for terrestriske naturtyper inden- og udenfor habitatområderne, 2013. NOVANA. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 46 s. - *Videnskabelig rapport fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 157* <http://dce2.au.dk/pub/SR157.pdf>
- Mohamed, A., Härdtle, W., Jirjahn, B., Niemeyer, T., & von Oheimb, G. (2007). Effects of prescribed burning on plant available nutrients in dry heathland ecosystems. *Plant Ecology*, 189(2), 279-289.
- Niemeyer, T., Niemeyer, M., Mohamed, A., Fottner, S., & Härdtle, W. (2005). Impact of prescribed burning on the nutrient balance of heathlands with particular reference to nitrogen and phosphorus. *Applied Vegetation Science*, 8(2), 183-192.
- Nygaard, B., Damgaard, C., Nielsen, K.E., Bladt, J. & Ejrnæs, R. (2015). Terrestriske Naturtyper 2004 – 2014. NOVANA. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi.
- Nygaard, B., Nielsen, K. E., Damgaard, C., Bladt, J. & Ejrnæs, R. (2014). Fagligt grundlag for vurdering af bevaringsstatus for terrestriske naturtyper *Videnskabelig rapport fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 118* (pp. 142). Aarhus Universitet, DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi.

- Pedersen L.B., Ingerslev, M., Buttenschøn, R.M., Friis, E. & Overgaard Nielsen, B. (2001). Husdyrgræsningens effekt på stofkredsløb, pp. 49-66 I: Pedersen, L.B., Buttenschøn, Rita M., Petersen, Henning, Jensen, T.S., 2001. Græsning på ekstensivt drevne naturarealer – Effekter på stofkredsløb og naturindhold. *Park- og Landskabsserien nr. 34*, Skov & Landskab, Hørsholm
- Riis-Nielsen T., Søchting U., Johansson M. & Nielsen P. (1991). Hedeplejebogen - de danske heders historie, pleje og udforskning. Miljøministeriet, Skov- og Naturstyrelsen: 1-248.
- Roem, W.J., & Berendse, F. (2000). Soil acidity and nutrient supply ratio as possible factors determining changes in plant species diversity in grassland and heathland communities. *Biological Conservation*, 92(2), 151-161.
- Schmidt, I.K. (2015). Næringsstoffer på heden - kan hedeplejen håndtere det? *Flora og Fauna*, 121(3+4), 109-119.
- Schmidt, I.K., Nielsen, B.O. & Riis-Nielsen, T. (2007). Lynghederne. In P. Vestergaard (Ed.), *Naturen i Danmark. Det åbne land*: Gyldendal.
- Serrano, J.M. (2015). Effects of combined management regimes on nutrient pools and biodiversity in heathland ecosystems. Unpublished Master thesis IGN, KU.
- Southon, G.E., Field, C., Caporn, S.J.M., Britton, A.J. & Power, S.A. (2013). Nitrogen Deposition Reduces Plant Diversity and Alters Ecosystem Functioning: Field-Scale Evidence from a Nationwide Survey of UK Heathlands. *Plos One*, 8(4). doi: 10.1371/journal.pone.0059031
- Tucker, G. (2003). Review of the impacts of heather and grassland burning in the uplands on soils, hydrology and biodiversity. English Nature Research Reports no. 550.
- Van den Berg, L.J.L., Dorland, E., Vergeer, P., Hart, M.A.C., Bobbink, R. & Roelofs, J.G.M. (2005). Decline of acid-sensitive plant species in heathland can be attributed to ammonium toxicity in combination with low pH. *New Phytologist*, 166, 551–564.
- Vandvik, V., Heegaard, E., Måren, I.E. & Aarrestad, P.A. (2005). Managing heterogeneity: the importance of grazing and environmental variation on post-fire succession in heathlands. *Journal of Applied Ecology*, 42(1), 139-149.
- Velle, L.G., Nilsen, L.S., Norderhaug, A. & Vandvik, V. (2014). Does prescribed burning result in biotic homogenization of coastal heathlands?. *Global change biology*, 20(5), 1429-1440.
- Vestergaard, P. og Alstrup, V. (1996) Loss of organic matter and nutrients from a coastal dune heath in Northwest Denmark caused by fire. *Journal of Coastal Conservation* 2: 33-40.
- Vestergaard, P., Alstrup, V. & Adersen H. (2008). Regeneration af en nordjysk klithede efter brand. *Flora og Fauna* 114, 32-42.
- Vogel J., H. Bergsma, R. Bobbink, M. Weijters, P. Verbeek, A. Jansen, J. Bouwman, J. Smits, J. Leidekker, H. Siepel (2014). Potential of rock flour addition to counteract acidification of heathland ecotypes. An overview of research initiatives in the Netherlands. P. 66-67 IN: *Book of abstract 14th*. European Heathland workshop
- Von Oheimb, G., Power, S.A., Falk, K., Friedrich, U., Mohamed, A., Krug, A., Boschatzke, N., Härdtle, W. (2010). N:P Ration and the Nature of Nutrient Limitation in *Calluna*-Dominated heathlands. *Ecosystem* 13, 317-327. doi:10.1007/s10021-010-9320-y.

